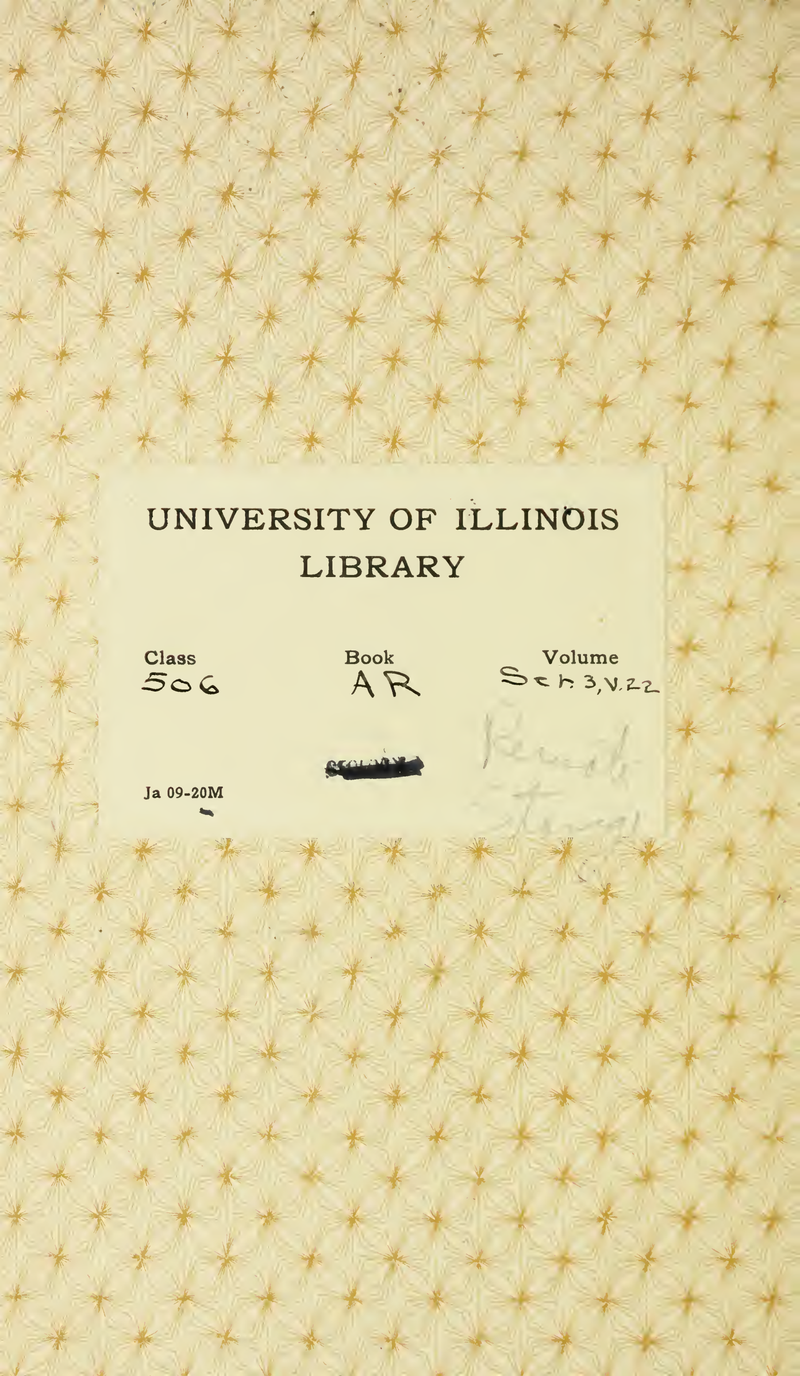




ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Imprimerie Charles Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TROISIÈME PÉRIODE

TOME VINGT-DEUXIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1889

SUR LA

TRANSFORMATION DES COEFFICIENTS THERMIQUES

PAR

M. Ch.-Ed. GUILLAUME

SUR L'INTERPRÉTATION MATHÉMATIQUE DES RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE.

1. Le but immédiat que l'on poursuit dans la recherche de l'équation qui représente un phénomène est d'obtenir une formule simple, contenant un nombre infini de valeurs corrélatives de diverses variables, et permettant de calculer l'une d'elles, connaissant les autres. Si, par exemple, on possède l'équation fondamentale d'un gaz, on calculera le volume d'une certaine masse de ce corps sous une pression donnée et à une température quelconque. Mais il est un problème d'un ordre plus élevé, qui consiste à rechercher la relation mathématique vraie correspondant à un phénomène, et dont la formule empirique n'est qu'une expression approchée. Cette recherche peut être poursuivie par deux voies opposées. La première consiste à émettre une hypothèse sur la nature des forces élémentaires qui produisent le phénomène et à la développer par le calcul. Le résultat final

n'est exact qu'autant que l'on a pris en considération toutes les forces qui entrent en jeu. Dans la seconde manière de procéder, on introduit, dans diverses équations, les valeurs correspondantes des variables données par l'observation, et l'on s'arrête à celle qui est le mieux satisfaite.

Un exemple célèbre de cette seconde méthode est la manière dont Kepler découvrit sa troisième loi. Ce ne fut que beaucoup plus tard que l'on démontra comment cette singulière relation découle de la loi générale de l'attraction universelle, qui aurait pu la faire découvrir.

La voie qu'il est préférable de suivre est indiquée, dans chaque cas particulier, par la nature du problème. En général, les deux modes d'investigation doivent marcher de front, l'expérience donnant le premier point d'appui et un contrôle de tous les instants, tandis que le raisonnement montre les liens qui existent entre les phénomènes et conduit à la découverte de nouvelles relations.

A l'exception des cas où les forces élémentaires sont d'une nature très simple et où les lois qui les régissent sont parfaitement connues, la recherche expérimentale de l'équation d'un phénomène conduit plus sûrement au résultat que la déduction théorique. Cependant on commet aussi, dans cette manière de procéder, de fréquentes erreurs; on en trouve une preuve dans les nombreuses formules par lesquelles divers observateurs représentent un même phénomène. La cause doit en être cherchée souvent dans la nature même de ces formules.

Considérons, par exemple, le cas très simple d'une dilatation thermique. En général, le coefficient de dilatation augmente légèrement avec la température, et le phénomène peut être représenté par une fonction linéaire, avec une petite quantité additionnelle.

Certains physiciens ont cherché à exprimer des variations thermiques par des fonctions fractionnaires ou exponentielles. Plus généralement, on s'en tient à une fonction parabolique du second degré, qui est la forme empirique approchée de la fonction inconnue.

Considérons les trois fonctions de la température

$$f_1(t) = \ldots\ldots f_1(o)\,(1+\alpha t+\beta t^2)$$
$$f_2(t) = \frac{f_2(o)}{1-kt} = f_2(o)\,(1+kt+k^2t^2+\ldots.)$$
$$f_3(t) = f_3(o)e^{lt} = f_3(o)\,(1+lt+\frac{l^2t^2}{2}+\ldots\ldots),$$

et supposons que, dans le développement des deux dernières fonctions, les termes contenant t^3 et les suivants puissent être négligés, par rapport aux erreurs des expériences, dans les limites de température entre lesquelles on a opéré. Les fonctions f_2 et f_3 ne se distingueront de f_1 que par la relation qui existe entre les coefficients des deux premières puissances de t. Or, si dans la formule parabolique le rapport $\frac{\sqrt{\beta}}{\alpha}$ n'est pas très éloigné de 1 ou de $\frac{1}{\sqrt{2}}$, on arrivera, par une fonction fractionnaire ou exponentielle à une valeur très voisine de la fonction qui représente le phénomène.

Il ne faut souvent pas plus que cette coïncidence fortuite pour conduire à considérer comme l'expression d'une loi exacte, la fonction fractionnaire ou exponentielle qui convient, entre certaines limites, à la représentation mathématique des faits.

La fonction exponentielle, en particulier, a été fréquemment employée ; or, comme elle correspond, dans la

notation précédente, à l'équation différentielle très simple :

$$\frac{f'_3(t)}{f_3(t)} = l$$

d'après laquelle la dilatation à chaque température est proportionnelle au volume actuel, divers physiciens sont arrivés à ériger ce principe en loi pour plusieurs phénomènes.

On voit que le procédé par lequel on adopte *a priori* une fonction d'une forme donnée, que l'on contrôle par les résultats de l'expérience, peut conduire à des conclusions erronées. La marche à suivre dans la recherche de la fonction qui représente un phénomène devrait être, semble-t-il, la suivante : Des expériences suffisamment précises ayant été faites pour un grand intervalle de température, on rassemble leurs résultats dans une série ordonnée suivant les puissances croissantes de t; si l'on trouve *a posteriori* qu'il existe, entre les coefficients de la série, des relations numériques simples, satisfaites avec une approximation telle que les divergences entre la fonction trouvée empiriquement et la relation mathématique que l'on veut lui substituer soient inférieures aux limites des erreurs d'observation, on est autorisé à adopter cette dernière au lieu de la fonction empirique.

J'ai dit que, pour la recherche de la fonction mathématique, les observations doivent être suffisamment précises et s'étendre sur un grand intervalle de température; cette condition est encore très vague. On peut la préciser en disant que la relation numérique entre les termes de la série doit être connue avec une approximation telle, qu'elle ne laisse aucune hésitation sur la forme

de la fonction mathématique que l'on doit choisir. Si, dans l'exemple ci-dessus, $\frac{\sqrt{\beta}}{\alpha}$ est égal à 0,8, avec une erreur probable de $\pm 0,2$, on pourra pencher soit vers la fonction exponentielle, soit vers la fonction fractionnaire. Dans ce cas, le mieux est de s'en tenir à la forme empirique, car les deux fonctions supposées ont à peu près le même degré de probabilité. Des expériences plus précises modifieront sans doute la valeur de $\frac{\sqrt{\beta}}{\alpha}$ et diminueront son erreur probable ; le choix de la fonction sera alors tout indiqué, s'il y a lieu.

La conclusion que l'on peut tirer de ces considérations est que, lorsqu'on n'a aucun indice sur la forme de la fonction à adopter, et en particulier dans tous les cas où elle s'éloigne peu d'une fonction linéaire, on devra avoir recours tout d'abord à une série dont les coefficients, entre lesquels on ne suppose aucune relation, sont calculés de façon à ce que les valeurs de la fonction données par la série soient aussi voisines que possible des valeurs observées. Ce mode de calcul permet de plus l'emploi immédiat de la méthode des moindres carrés.

Ce point admis, une première question se pose : Combien de termes de la série convient-il de conserver ?

Il est très délicat de répondre à cette question d'une manière générale; cependant certaines considérations peuvent servir de guide.

Remarquons d'abord que, en admettant la continuité et la simplicité relative d'un phénomène tel que la dilatation, on s'appuie, abstraction faite d'un besoin de l'esprit, sur le fait seul que les observations ont donné pour des phénomènes de ce genre des résultats d'autant

plus simples et plus réguliers, que les mesures étaient mieux faites, et que toutes les grosses irrégularités données par des observations peu précises ont pu être mises sur le compte d'erreurs d'expérience.

En réalité, lorsqu'on mesure une dilatation par les meilleures méthodes connues, on obtient une série de valeurs corrélatives de la température et de l'allongement qui, interprétées géométriquement, donnent une suite de points rangés approximativement sur une courbe à très faible convexité inférieure. La courbe qui joint tous les points contient généralement de nombreuses irrégularités et plusieurs inflexions. En introduisant les coordonnées des points dans une expression algébrique contenant autant de paramètres moins *un*, que l'on a déterminé de points, et en éliminant les inconnues, on aurait l'équation d'une courbe passant par tous les points. Cette manière de procéder, qui suppose les points déterminés sans erreurs, est encore fréquemment employée; c'est ainsi que l'on donne des expressions du troisième ou du quatrième degré pour des dilatations déterminées par quatre ou cinq expériences.

Mais c'est accorder trop aux observations, que de vouloir représenter exactement leurs résultats. On ne peut pas exiger de la fonction cherchée autre chose que de ce qu'elle ne s'écarte pas des valeurs observées au delà des erreurs des expériences. Cependant on est toujours tenté d'attribuer à ces dernières une trop grande exactitude; c'est pourquoi la grandeur des erreurs résiduelles n'est pas un guide suffisant; leur répartition doit aussi être consultée.

Une droite et une parabole du second degré, convexe vers le bas, se coupent en deux points, et la différence de

leurs ordonnées est positive entre ces points, négative en dehors. Si donc on trouve que les erreurs résiduelles, par rapport à une fonction linéaire, indépendamment de leur grandeur, sont manifestement positives aux extrémités, négatives vers le milieu, on aura recours à une fonction du second degré, et ainsi de suite. Si cette fonction laisse subsister des erreurs résiduelles plus fortes qu'on n'aurait pu s'y attendre, mais réparties assez régulièrement, il faudra généralement en conclure qu'on s'était trompé sur la précision des mesures, et, à moins d'indices certains du contraire, on fera bien de s'en tenir là, plutôt que d'avoir recours à une équation susceptible de représenter une ligne sinueuse.

Il n'est pas rare que l'on discute sur le nombre de termes réellement contenus dans la série qui représente un phénomène. La discussion est stérile tant qu'on n'indique pas le degré de précision avec lequel le phénomène doit être représenté. S'il doit être représenté exactement dans toute son étendue, la série contient sans doute un nombre infini de termes. A chaque ordre de précision correspond un nombre de termes différents. Jusqu'ici on a rarement dépassé les expressions du second degré.

Ces principes sont si évidents, qu'il est inutile d'en donner une démonstration; ils sont bien reconnus de nombreux physiciens, et, en les résumant ici, j'ai seulement voulu indiquer le point de vue auquel je me placerai dans cette étude.

2. J'examinerai maintenant, pour donner un exemple numérique relatif à ce qui précède, la formule souvent discutée qui représente la dilatation du mercure.

Les meilleures mesures de la dilatation du mercure faites jusqu'ici sont celles de Regnault, qui s'étendirent

de 24° à 300°. Calculées par lui-même, elles furent reprises par M. Bosscha, puis par M. Wüllner, et enfin par M. Broch. Regnault avait adopté une fonction parabolique du deuxième degré, Bosscha une exponentielle, enfin les deux derniers une fonction du troisième degré. Le calcul de M. Broch[1] le plus récent est aussi le plus complet. L'idée qui le guida dans le choix d'une fonction du troisième degré fut de tirer des expériences de Regnault tout ce qu'elles pouvaient donner. Les erreurs résiduelles des mesures, faites sur une colonne de mercure de $1^m,5$, sont assez fortes. L'une d'elles atteint 170 μ, et un quart d'entre elles dépassent 50 μ, soit respectivement pour une colonne de 1^m, 110 μ et 30 μ en nombres ronds.

La formule donnée par M. Broch et rapportée au thermomètre à air est la suivante :

$$(1) \quad V_t = V_o[1+(181\,792\,t+0{,}175t^2+0{,}035\,116t^3)10^{-9}]$$

Or, on peut, par un calcul très simple que j'indiquerai plus loin, ramener une expression du troisième degré à une expression du second degré, astreinte à concorder le mieux possible entre certaines limites avec la formule donnée.

Si nous effectuons cette transformation dans le cas actuel, nous trouvons, entre diverses limites de température, les formules suivantes :

$$(2) \quad \text{Entre } 0° \text{ et } 100° \quad V'_t = V_o[1+(181\,652t+\ 4{,}845t^2)10^{-9}];$$

[1] O.-J. Broch, Dilatation du mercure (*Travaux et Mémoires du Bureau international des poids et mesures*, t. II, 1883).

(3) Entre 0° et 200° $V''_t = V_o[1 + (181\,230t + 9{,}539t^2)10^{-9}]$;

(4) Entre 0° et 100° $V'''_t = V_o[1 + (180\,528t + 14{,}221t^2)10^{-9}]$;

Dans ces trois équations, le rapport $\frac{\sqrt{\beta}}{\alpha}$ est égal, respectivement à 0,38, 0,54 et 0,66. Pour la dernière de ces équations, il est peu inférieur à $\frac{1}{\sqrt{2}}$. Or, si l'on remarque que, dans le développement de l'exponentielle, $e^{+18.10^{-5}t}$, le terme en t^3 n'augmente, à 300°, la valeur de la dilatation que de 26 μ par mètre, on pourra le négliger ou répartir son effet sur les deux autres sans les modifier sensiblement. On peut donc en conclure que les valeurs de V'''_t données par la formule (4) ne sont pas très éloignées de celles d'une exponentielle, ce qui motive la conclusion de M. Bosscha, conclusion qui, d'après ce que nous avons dit précédemment, pourrait n'être due qu'au hasard, puisque l'exponentielle ne correspond qu'à la formule du second degré, déduite de celle du troisième, entre certaines limites de température, mais s'en éloigne beaucoup si l'on resserre ces limites. M. Bosscha a donné à l'exposant de e la valeur $180{,}77.10^{-6}$.

Mais, si l'on voulait se contenter de représenter les expériences entre 0° et 200°, il faudrait avoir recours à une série dans laquelle le rapport $\frac{\sqrt{\beta}}{\alpha}$ fût voisin de $\frac{1}{2}$.

Je donnerai maintenant pour des valeurs de t, espacées de vingt en vingt degrés, les allongements en microns qu'éprouverait, d'après les formules ci-dessus, une colonne de mercure de 1^m de longueur, enfermée dans un tube de section invariable.

t	(1)	(2)	(1)—(2)	(3)	(1)—(3)	(4)	(1)—(4)
0°	0	0	0	0	0	0	0
20	3 636	3 635	+ 1	3 628	+ 8	3 616	+ 20
40	7 274	7 274	0	7 264	+10	7 244	+ 30
60	10 916	10 917	— 1	10 908	+ 8	10 883	+ 33
80	14 562	14 563	— 1	14 559	+ 3	14 533	+ 29
100	18 216	18 214	+ 2	18 218	— 2	18 195	+ 21
120	21 878			21 885	— 7	21 868	+ 10
140	25 551			25 559	— 8	25 553	— 2
160	29 235			29 241	— 6	29 248	— 13
180	32 933			32 930	+ 3	32 956	— 23
200	36 646			36 628	+18	36 674	— 28
220	40 377					40 404	— 37
240	44 126					44 146	— 20
260	47 895					47 898	— 3
280	51 686					51 663	+ 23
300	55 501					55 438	+ 63

On voit que jusqu'à 200° les formules du second et du troisième degré concordent très bien ; ce sont seulement les formules (1) et (4) qui divergent de quantités de même ordre que les erreurs résiduelles des expériences de Regnault.

D'après tout ce que l'on sait sur la dilatation du mercure, on ne peut donc rien dire encore sur la véritable forme de la fonction qui la représente. C'est à peine si l'on peut affirmer l'existence pratique d'un terme du troisième degré, dont l'effet soit sensible dans les limites de l'expérience. Il faudra de nouvelles mesures, qui peuvent être faites aujourd'hui avec une précision près de dix fois plus grande, pour mettre ce point hors de doute[1].

[1] On peut, il est vrai, conclure de la théorie du thermomètre qu'il existe pratiquement des termes du troisième et du quatrième degré, dans la fonction qui représente la dilatation apparente du mercure dans le verre; mais la difficulté n'est que

SUR LA NÉCESSITÉ D'EXPRIMER DANS L'ÉCHELLE ABSOLUE LES FORMULES DE VARIATIONS THERMIQUES.

3. Nous avons vu que la marche à suivre dans la recherche des relations mathématiques susceptibles de représenter une variation thermique consiste à calculer les coefficients d'une série ordonnée suivant les puissances croissantes de la température, et à chercher ensuite les relations qui peuvent exister entre ces coefficients. Nous pouvons maintenant préciser mieux la nature de ces relations.

Soit t_0, une température de départ exprimée dans une échelle[1] quelconque, t une augmentation arbitraire de la température. Nous pourrons écrire

$$f(t_o+t)=f(t_o)\left(1+\frac{f'(t_o)t}{f(t_o)\,1}+\frac{f''(t_o)}{f(t_o)}\frac{t^2}{1.2}+\frac{f'''(t_o)}{f(t_o)}\frac{t^3}{1.2.3}+\dots\right)$$

Remarquons d'abord qu'on peut établir un nombre considérable de relations compliquées, auxquelles les coefficients numériques de la série satisfont dans les limi-

reculée, puisqu'on n'a pas encore déterminé la dilatation du verre avec une précision telle qu'il ait été avantageux d'introduire dans la formule un terme du troisième degré. Pour la discussion de cette question, je renverrai à mon *Traité de thermométrie,* actuellement sous presse (p. 268).

[1] Je rappellerai que l'on nomme *échelle* thermométrique une fonction linéaire d'un phénomène thermique, et *système* thermométrique l'ensemble des données qui servent à définir l'intervalle fondamental et sa subdivision en degrés; on dira ainsi : Échelle du thermomètre à mercure, à azote, etc., et système Réaumur, centigrade, Fahrenheit.

tes de leurs erreurs probables, et il ne saurait être question, pour le moment, d'établir empiriquement des équations de ce genre. Il faut se borner à la recherche de relations extrêmement simples entre les deux ou trois premiers coefficients de la série.

Or, pour une même température, t est une quantité numériquement variable avec l'échelle et le système thermométrique employés. Nous savons que les diverses échelles thermométriques pratiques sont reliées par des équations assez compliquées[1], de telle sorte que, s'il existe une relation *simple* entre les coefficients de la série rapportée à une échelle quelconque, elle sera détruite par la transformation de la série dans une autre échelle. Si, par conséquent, la variation thermique considérée a été exprimée en fonction d'une échelle arbitraire, les relations simples qui peuvent exister entre les coefficients de la série sont dues au hasard. Elles ne sont l'expression d'une loi que si l'échelle adoptée n'a rien d'arbitraire, c'est-à-dire si les coefficients ont été exprimés en fonction de l'échelle absolue ou thermodynamique.

Lorsqu'on passe d'un système thermométrique à un autre, l'unité dans laquelle t est exprimé change, et t varie réciproquement. L'unité arbitraire doit donc être éliminée de la relation cherchée; or, comme cette unité entre dans le coefficient de chaque terme à la même puissance que t, la relation doit être de la forme

$$\frac{f'(t_0)}{f(t_0)} : \left(\frac{f''(t_0)}{2f(t_0)}\right)^{\frac{1}{2}} : \left(\frac{f'''(t_0)}{6f(t_0)}\right)^{\frac{1}{3}} : \ldots\ldots = m : n : p \ldots$$

[1] Voir là-dessus un précédent travail publié dans les *Archives* en décembre 1886 et janvier 1887, et le Mémoire de M. Chappuis sur le thermomètre à gaz (*Archives*, septembre 1888).

Nous voyons que cette suite de rapports dépend de la valeur initiale de la fonction $f(t_0)$. Le seul point de départ qui n'ait rien d'arbitraire est le zéro absolu; on devra donc écrire

$$\frac{f'(o)}{f(o)} : \left(\frac{f''(o)}{2f(o)}\right)^{\frac{1}{2}} : \left(\frac{f'''(o)}{6f(o)}\right)^{\frac{1}{3}} : \ldots\ldots = m : n : p. \ldots$$

En désignant par θ la température absolue, la série dont les coefficients sont déduits de l'expérience devra être de la forme

$$f(\theta)=f(o)\;(1+\alpha\;\theta+\beta\;\theta^2+\gamma\;\theta^3+\ldots\ldots),$$

et la relation hypothétique devra être cherchée dans les valeurs relatives de

$$\alpha,\quad \sqrt{\beta},\quad \sqrt[3]{\gamma},\quad \text{etc.}$$

Le but de ce travail sera le développement des formules numériques simples permettant de transformer un trinôme exprimé en fonction d'une échelle thermométrique arbitraire en un autre trinôme, rapporté à une autre échelle thermométrique. Toutes les transformations convergeront finalement vers l'échelle du thermomètre à hydrogène, adoptée comme échelle normale pour la thermométrie.

Ce problème, qui a acquis dans ces dernières années une certaine importance pratique, peut être appliqué en outre à l'étude de quelques questions de philosophie scientifique dont j'ai essayé d'indiquer le principe dans cette introduction [1].

[1] Une partie des formules qui suivent ont été publiées dans une

Transformation de la formule $l_0(1+\alpha t+\beta t^2)$ de l'échelle t dans l'échelle T.

4. Considérons une fonction de la température qui puisse être suffisamment bien représentée dans l'échelle thermométrique t par la formule

$$(1) \qquad l_t = l_0(1+\alpha t+\beta t^2);$$

pour simplifier le langage, nous supposerons que ce trinôme représente une dilatation thermique. Nous nous proposons de transformer cette fonction en une autre fonction de même forme, dans laquelle T soit la variable; t et T sont reliées par l'équation

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} t &= T + T(100 - T)(A + BT + CT^2) \\ &= T(1 + H + IT + KT^2 + LT^3). \end{aligned} \right.$$

C'est la relation la plus compliquée qu'il ait été nécessaire d'employer jusqu'ici pour représenter la relation qui existe entre deux échelles thermométriques; A, B et C sont généralement des nombres très petits.

Il est aisé de voir que l'on a

$$(3) \qquad \left\{ \begin{aligned} H &= 100\,A \\ I &= 100\,B - A \\ K &= 100\,C - B \\ L &= -\,C \end{aligned} \right.$$

Posons $1+H=H'$ et étendons les considérations qui

Note parue dans le tome VI des *Travaux et Mémoires du Bureau international des poids et mesures.*

vont suivre au cas où H' est très différent de l'unité. La transformation ne s'appliquera plus alors seulement au passage d'une échelle centigrade à une autre échelle centigrade très voisine; en donnant à H' des valeurs convenables, elle pourra servir à passer du système centigrade dans le système Réaumur et inversement.

En introduisant la valeur de t, tirée de (2), dans l'équation (1), on obtient une fonction du huitième degré, que l'on peut écrire

$$l_T = l_0(1 + aT + bT^2 + cT^3 + dT^4 + eT^5 + fT^6 + gT^7 + hT^8), \tag{4}$$

en posant

$$\left\{\begin{aligned} a &= \alpha H', & e &= 2\beta(H'L + IK), \\ b &= \alpha I + \beta H'^2, & f &= \beta(K^2 + 2IL), \\ c &= \alpha K + 2\beta H'I, & g &= 2\beta KL, \\ d &= \alpha L + \beta(I^2 + 2H'K), & h &= \beta L^2. \end{aligned}\right. \tag{5}$$

Mais la formule (4) est beaucoup trop compliquée; nous voulons la ramener à la forme suivante :

$$L_T = l_0(1 + \alpha' T + \beta' T^2), \tag{6}$$

semblable à (1), en déterminant α' et β' de façon à rendre minima, entre T_1 et T_2, la somme des carrés des divergences entre l_t et l_T.

La condition mathématique du problème est donc

$$\int_{T_1}^{T^2} (l_T - L_T)^2 dT = \text{min.} \tag{7}$$

En posant

$$aT + bT^2 + cT^3 + dT^4 + eT^5 + fT^6 + gT^7 + hT^8 = M, \tag{8}$$

cette condition se résout dans les deux suivantes :

$$
(9) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial \alpha'} \displaystyle\int_{T_1}^{T_2} (M - \alpha' T - \beta' T^2)^2 dT = 0, \\ \dfrac{\partial}{\partial \beta'} \displaystyle\int_{T_1}^{T_2} (M - \alpha' T - \beta' T^2)^2 dT = 0. \end{cases}
$$

En effectuant les calculs, on trouve

$$
(10) \quad \begin{cases} \displaystyle\int_{T_1}^{T_2} (\alpha' T^2 + \beta' T^3 - MT) dT = 0, \\ \displaystyle\int_{T_1}^{T_2} (\alpha' T^3 + \beta' T^4 - MT^2) dT = 0. \end{cases}
$$

et, par suite,

$$
(11) \quad \begin{cases} \Big[\frac{2}{3} \alpha' T^3 + \frac{1}{2} \beta' T^4 - \frac{2}{3} a T^3 - \frac{1}{2} b T^4 - \frac{2}{5} c T^5 \\ \qquad - \frac{1}{3} d T^6 - \frac{2}{7} e T^7 - \frac{1}{4} f T^8 - \frac{2}{9} g T^9 - \frac{1}{5} h T^{10} \Big]_{T_1}^{T_2} = 0, \\ \Big[\frac{1}{2} \alpha' T^4 + \frac{2}{5} \beta' T^5 - \frac{1}{2} a T^4 - \frac{2}{5} b T^5 - \frac{1}{3} c T^6 \\ \qquad - \frac{2}{7} d T^7 - \frac{1}{4} e T^8 - \frac{2}{9} f T^9 - \frac{1}{5} g T^{10} - \frac{2}{11} h T^{11} \Big]_{T_1}^{T_2} = 0. \end{cases}
$$

Ce sont les équations normales du problème.

Valeurs numériques des limites. — Les coefficients de dilatation sont déterminés, le plus souvent, par des expériences partant de 0°; nous voulons admettre cette température comme limite inférieure; nous montrerons plus tard comment cette formule peut être généralisée.

En remplaçant, pour simplifier l'écriture, T_2 par T, les deux équations précédentes s'écrivent

$$(12)\quad\left\{\begin{aligned}&\tfrac{2}{3}\alpha' + \tfrac{1}{2}\beta'T = \tfrac{2}{3}a + \tfrac{1}{2}bT + \tfrac{2}{5}cT^2\\&\qquad + \tfrac{1}{3}dT^3 + \tfrac{2}{7}eT^4 + \tfrac{1}{4}fT^5 + \tfrac{2}{9}gT^6 + \tfrac{1}{5}hT^7,\\&\tfrac{1}{2}\alpha' + \tfrac{2}{5}\beta'T = \tfrac{1}{2}a + \tfrac{2}{5}bT + \tfrac{1}{3}cT^2\\&\qquad + \tfrac{2}{7}dT^3 + \tfrac{1}{4}eT^4 + \tfrac{2}{9}fT^5 + \tfrac{1}{5}gT^6 + \tfrac{2}{11}hT^7;\end{aligned}\right.$$

ont ire de là

$$(13)\quad\left\{\begin{aligned}&\alpha' = a - \tfrac{2}{5}cT^2 - \tfrac{4}{7}dT^3 - \tfrac{9}{14}eT^4 - \tfrac{2}{3}fT^5 - \tfrac{2}{3}gT^6 - \tfrac{36}{55}hT^7,\\&\beta' = b + \tfrac{4}{3}cT + \tfrac{10}{7}dT^2 + \tfrac{10}{7}eT^3 + \tfrac{25}{18}fT^4 + \tfrac{4}{3}gT^5 + \tfrac{14}{11}hT^6;\end{aligned}\right.$$

Ces deux formules générales donnent les valeurs des coefficients α' et β', dans l'échelle T, entre les limites 0° et T°, si l'on admet que t et T sont reliés par une fonction du quatrième degré ; g et h s'annulent, si la relation adoptée est du troisième degré.

5. *Cas particuliers.* — Nous emploierons ces formules à calculer les coefficients de transformation dans un certain nombre de cas.

Les thermomètres à mercure pris comme types au Bureau international des poids et mesures, ainsi que ceux qui seront distribués aux États ayant adhéré à la convention du mètre, sont en verre dur, d'une composition bien définie ; c'est à l'échelle donnée par ces thermomètres que nous rapporterons d'abord, dans ce qui suit, les échelles fournies par tous les autres thermomètres à mercure ; les coefficients exprimés dans cette échelle seront ensuite transformés dans celle des thermomètres à azote et à hydrogène étudiés par M. Chappuis.

Thermomètres en cristal ordinaire et thermomètres en verre dur. — Les thermomètres en cristal ordinaire, employés par M. Benoît dans ses mesures de dilatation, au moyen de l'appareil Fizeau, ont été comparés à un ther-

momètre en verre dur; entre 0° et 100°, les thermomètres en cristal accusent une température plus élevée que ceux en verre. La différence de marche est exprimée par

$$(14)\qquad t_{\mathrm{Cr}} - t_{\mathrm{Ve}} = t(100-t)(16{,}701 - 0{,}00249t)10^{-6}.$$

Au degré d'approximation que l'on peut garantir dans le résultat de ces comparaisons, l'échelle t est indifféremment celle du verre ou du cristal.

Les valeurs de H, I, K, L à introduire dans les formules (13) sont, d'après (3) :

$$(3_a)\qquad \begin{cases} H = +1{,}6701 \,.\, 10^{-3}, \\ I = -1{,}6950 \,.\, 10^{-5}, \\ K = +2{,}49 \quad .\, 10^{-9}, \\ L = \quad 0; \end{cases}$$

d'où

$$(5_a)\qquad \begin{cases} a = \quad 1{,}001\,670\,1\,\alpha, \\ b = -1{,}695\,0 \,.\, 10^{-5}\,\alpha + 1{,}003343\beta, \\ c = +2.49 \quad .\, 10^{-9}\,\alpha - 3{,}396 \,.\, 10^{-5}\,\beta, \\ d = \qquad\qquad + 5{,}27 \,.\, 10^{-9}\,\beta, \\ e = \qquad\qquad - 8{,}4 \,.\, 10^{-14}\beta, \\ f = \qquad\qquad + 6{,}2 \,.\, 10^{-18}\beta; \end{cases}$$

g et h sont nuls.

En introduisant ces valeurs numériques dans les équations (13), il ne restera plus qu'à donner à T une valeur déterminée pour trouver les valeurs correspondantes de α' et β'.

La limite ordinaire des mesures au comparateur est 40°; nous introduirons cette valeur de T dans les formules.

Nous conserverons, pour une vérification indiquée

plus bas, quelques décimales de plus qu'on n'en peut garantir dans la mesure des coefficients de dilatation.

En effectuant tous les calculs, on trouve

$$(13_a)\quad \begin{cases} \alpha_{Ve} = 1{,}001\,668 \quad \alpha_{Cr} + 0{,}021\,5\ \beta_{Cr}, \\ \beta_{Ve} = -1{,}6817.10^{-5} \quad \alpha_{Cr} + 1{,}001\,54\beta_{Cr}. \end{cases}$$

Pour T=85°, limite des mesures à l'appareil Fizeau, on a

$$(13_b)\quad \begin{cases} \alpha_{Ve} = 1{,}001\,663 \quad \alpha_{Cr} + 0{,}096\,3\ \beta_{Cr}, \\ \beta_{Ve} = -1{,}666\,8.10^{-5} \quad \alpha_{Cr} + 0{,}999\,55\beta_{Cr}. \end{cases}$$

Thermomètres en verre dur et thermomètre à azote. — Les valeurs des coefficients sont, dans ce cas,

$$(3_b)\quad \begin{cases} H = +5{,}592\,140.10^{-3}, \\ I = -1{,}055\,372.10^{-4}, \\ K = +7{,}548\,098.10^{-7}, \\ L = -2{,}586\,520.10^{-9}. \end{cases}$$

$$(5_b)\quad \begin{cases} a = +1{,}005\,5921\ \alpha, \\ b = -1{,}055\,372.10^{-4}\ \alpha + 1{,}011\,215\ \beta, \\ c = +7{,}548\,1\ .10^{-7}\ \alpha - 2{,}122\,5.10^{-4}\ \beta, \\ d = -2{,}586\,5\ .10^{-9}\ \alpha + 1{,}529\,2.10^{-6}\ \beta, \\ e = \qquad -5{,}363\ .10^{-9}\ \beta, \\ f = \qquad +1{,}12\ .10^{-12}\beta, \\ g = \qquad -3{,}9\ .10^{-15}\beta, \\ h = \qquad +6{,}7\ .10^{-18}\beta. \end{cases}$$

Pour T=40°, on trouve

$$(13_c)\quad \begin{cases} \alpha_{Az} = 1{,}005\,2036\,\alpha_{Ve} + 0{,}088\,7\ \beta_{Ve}, \\ \beta_{Az} = -7{,}119\,3.10^{-5}\,\alpha_{Ve} + 1{,}002\,90\ \beta_{Ve}. \end{cases}$$

Pour T=85°, il vient

$$(13_d)\quad \left\{\begin{aligned} \alpha_{Az} &= 1,004\,3183\,\alpha_{Ve} + 0,254\,3\ \beta_{Ve},\\ \beta_{Az} &= -4,669\,1.10^{-5}\,\alpha_{Ve} + 0,998\,30\,\beta_{Ve}.\end{aligned}\right.$$

Thermomètres en verre dur et thermomètre à hydrogène. — Les coefficients de la formule qui donne la différence de marche sont ici

$$(3_c)\quad \left\{\begin{aligned} H &= +6,229\,578.10^{-3},\\ I &= -1,112\,415.10^{-4},\\ K &= +6,175\,114.10^{-7},\\ L &= -1,280\,540.10^{-9};\end{aligned}\right.$$

d'où

$$(5_c)\quad \left\{\begin{aligned} a &= 1,006\,229\,6\,\alpha,\\ b &= -1,112\,415.10^{-4}\,\alpha + 1,012\,498\beta,\\ c &= +6,175\,1\ .10^{-7}\,\alpha - 2,238\,7.10^{-4}\,\beta,\\ d &= -1,280\,5\ .10^{-9}\,\alpha + 1,255\,1.10^{-6}\,\beta,\\ e &= -2,714\ .10^{-9}\,\beta,\\ f &= +6,66\ .10^{-13}\beta,\\ g &= -1,58\ .10^{-15}\beta,\\ h &= +1,6\ .10^{-18}\beta.\end{aligned}\right.$$

Pour T=40°,

$$(13_e)\quad \left\{\begin{aligned} \alpha_{H} &= 1,005\,8812\,\alpha_{Ve} + 0,101\,8\ \beta_{Ve},\\ \beta_{H} &= -8,123\,5.10^{-5}\,\alpha_{Ve} + 1,003\,18\beta_{Ve}.\end{aligned}\right.$$

Pour T=85°,

$$(13_f)\quad \left\{\begin{aligned} \alpha_{H} &= 1,004\,8943\,\alpha_{Ve} + 0,296\,0\ \beta_{Ve},\\ \beta_{H} &= -5,447\,5.10^{-5}\,\alpha_{Ve} + 0,997\,74\beta_{Ve}.\end{aligned}\right.$$

Thermomètres en cristal et thermomètre à hydrogène. — Les formules qui précèdent peuvent enfin être combinées entre elles, pour donner de nouvelles formules générales;

en introduisant, par exemple, dans les formules (13_e) et (13_f), les valeurs de α_{Ve} et β_{Ve} données par les équations (13_a) et (13_b), on trouve :

Pour $T=40°$,

$$(13_g)\quad \begin{cases} \alpha_H = \quad 1{,}007\,5578\,\alpha_{Cr} + 0{,}123\,6\ \beta_{Cr}, \\ \beta_H = -9{,}824\,1 . 10^{-5}\,\alpha_{Cr} + 1{,}004\,72\beta_{Cr}. \end{cases}$$

Pour $T=85°$,

$$(13_h)\quad \begin{cases} \alpha_H = \quad 1{,}006\,5605\,\alpha_{Cr} + 0{,}392\,6\ \beta_{Cr}, \\ \beta_H = -7{,}119\,6 . 10^{-5}\,\alpha_{Cr} + 0{,}997\,29\beta_{Cr}. \end{cases}$$

Formules inverses. — Si l'on résout chaque système de deux équations en intervertissant les quantités connues et inconnues, on obtiendra un nouveau groupe de formules qui serviront aux transformations inverses de celles auxquelles se rapportent les formules données ici. Mais il arrivera très rarement qu'on ait besoin de retourner en arrière, d'une échelle thermométrique quelconque dans une autre moins parfaite.

6. *Vérifications.* — La fonction du second degré d'une échelle thermométrique ayant été remplacée par une fonction analogue d'une autre échelle, astreinte à être aussi peu différente que possible de la première, on aura une vérification du calcul, en cherchant quels sont, pour les mêmes températures exprimées dans les deux échelles, les écarts entre les allongements donnés par les deux formules; ces écarts doivent être tantôt positifs, tantôt négatifs; il est évident qu'ils seront d'autant plus faibles que les limites entre lesquelles les formules doivent concorder sont plus rapprochées. Voici quelles sont, d'après les formules

adoptées, les indications correspondantes des thermomètres par rapport auxquels nous avons effectué la transformation.

Indications correspondantes des thermomètres			
à mercure		à gaz	
en cristal ordinaire.	en verre dur.	Azote.	Hydrogène.
0°	0°	0°	0°
10	9,9850	9,9389	9,9335
20	19,9734	19,8981	19,8888
30	29,9651	29,8740	29,8628
40	39,9603	39,8638	39,8529
50	49,9586	49,8647	49,8559
60	59,9603	59,8752	59,8700
70	69,9653	69,8942	69,8931
80	79,9736	79,9211	79,9234

Je donnerai maintenant un exemple complet de la transformation d'une formule de dilatation, avec les calculs de vérification.

7. Exemple. *Trépied en platine iridié de l'appareil Fizeau du Bureau international.* — M. Benoît a trouvé [1] pour la dilatation du trépied de l'appareil Fizeau dont il s'est servi :

$$\alpha_{Cr} = 8{,}539\,594 \,.\, 10^{-6},$$
$$\beta_{Cr} = 2{,}298\,5 \quad .\, 10^{-9}.$$

En substituant dans les formules (13_a) et (13_b), on trouve :

Entre 0° et 40°,

$$\alpha_{Ve} = 8{,}553\,892 \,.\, 10^{-6},$$
$$\beta_{Ve} = 2{,}158\,4 \quad .\, 10^{-9}.$$

[1] *Travaux et Mémoires*, t. VI, p. 98. Ces coefficients ont été publiés avec un nombre moindre de décimales.

Entre 0° et 85°

$$\alpha_{Ve} = 8{,}554\,017 \,.\, 10^{-6},$$
$$\beta_{Ve} = 2{,}155\,1 \quad .\, 10^{-9}$$

Les formules (13_c) et (13_d) donnent :

Entre 0° et 40°,

$$\alpha_{Az} = 8{,}598\,594 \,.\, 10^{-6},$$
$$\beta_{Az} = 1{,}555\,7 \quad .\, 10^{-9};$$

Entre 0° et 85°,

$$\alpha_{Az} = 8{,}591\,504 \,.\, 10^{-6},$$
$$\beta_{Az} = 1{,}752\,1 \quad .\, 10^{-9}.$$

Enfin, d'après les formules (13e) et (13_f), ou directement par (13_g) et (13_h), on a :

Entre 0° et 40°,

$$\alpha_{H} = 8{,}604\,418 \,.\, 10^{-6},$$
$$\beta_{H} = 1{,}470\,4 \quad .\, 10^{-9};$$

Entre 0° et 85°,

$$\alpha_{H} = 8{,}596\,520 \,.\, 10^{-6},$$
$$\beta_{H} = 1{,}684\,3 \quad .\, 10^{-9}.$$

Pour connaître les allongements donnés par ces diverses formules, nous calculerons d'abord les coefficients moyens de dilatation entre 0° et 10°, 20°,... dans l'échelle des thermomètres en cristal; nous utiliserons pour cela le Tableau du n° 6. Les formules trouvées pour les limites de température 0° et 85° donnent

$t_{Cr.}$	Coefficients moyens de dilatation. Cristal.	Verre dur.	Azote.	Hydrogène.
0.....	8,539 59	8,554 02	8,591 50	8,596 52
10.....	8,562 58	8,575 54	8,608 92	8,613 25
20.....	8,585 56	8,597 06	8,626 36	8,630 02
30.....	8,608 55	8,618 59	8,643 84	8,646 82
40.....	8,631 53	8,640 14	8,661 34	8,663 64
50.....	8,654 52	8,661 68	8,678 87	8,680 49
60.....	8,677 50	8,683 24	8,696 41	8,697 36
70.....	8,700 49	8,704 89	8,713 96	8,714 24
80.....	8,723 47	8,726 37	8,731 53	8,731 13

Les allongements correspondants $l_t - l_0$ sont inscrits dans le Tableau suivant; les différences par rapport aux dilatations calculées dans l'échelle des thermomètres en cristal sont portées dans les colonnes Δ_1, Δ_2, Δ_3. L'unité est le micron par mètre.

	Cristal.	Verre dur.		Azote.		Hydrogène.	
$t_{Cr.}$	$l_t - l_0$.	$l_t - l_0$.	Δ_1.	$l_t - l_0$.	Δ_2.	$l_t - l_0$.	Δ_3.
0..	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10..	85,626	85,627	−0,001	85,563	+0,063	85,560	+0,066
20..	171,711	171,712	−0,001	171,648	+0,063	171,641	+0,070
30..	258,256	258,257	−0,001	258,226	+0,030	258,218	+0,038
40..	345,261	345,263	−0,002	345,274	−0,013	345,271	−0,010
50..	432,726	432,725	+0,001	432,770	−0,044	432,774	−0,048
60..	520,650	520,650	0,000	520,699	−0,049	520,711	−0,061
70..	609,034	609,036	−0,002	609,055	−0,021	609,065	−0,031
80..	697,878	697,879	−0,001	697,833	+0,045	697,822	+0,056

On voit que les différences entre les dilatations calculées par les différentes formules sont comprises dans les millièmes de micron après la première transformation, et dans les centièmes après la seconde.

Si l'on emploie les formules calculées pour les limites 0° et 40°, la concordance est beaucoup meilleure.

On a, comme précédemment, les dilatations moyennes données ci-après :

$t_{Cr.}$	Cristal.	Verre dur.	Azote.	Hydrogène.
0.....	8,539 59	8,553 89	8,598 59	8,604 42
10.....	8,562 58	8,575 45	8,614 05	8,619 02
20.....	8,585 56	8,596 99	8,629 55	8,633 66
30.....	8,608 55	8,618 57	8,645 06	8,648 35
40.....	8,631 53	8,640 14	8,660 62	8,663 02

Les allongements sont les suivants :

	Cristal.	Verre dur.		Azote.		Hydrogène.	
$t_{Cr.}$	$l_t - l_0$.	$l_t - l_0$.	Δ_1.	$l_t - l_0$.	Δ_2.	$l_t - l_0$.	Δ_3.
0..	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10..	85,626	85,626	0,000	85,614	+0,012	85,617	+0,009
20..	171,711	171,710	+0,001	171,712	−0,001	171,713	−0,002
30..	258,256	258,256	0,000	258,263	−0,007	248,264	−0,008
40..	345,261	345,263	−0,002	345,245	+0,016	345,246	+0,015

On voit, par les erreurs résiduelles, qu'une dilatation, exprimée par une fonction du second degré d'une échelle thermométrique, peut être transformée en une autre fonction du second degré d'une autre échelle thermométrique, sans que les différences entre les nombres calculés par les deux formules atteignent les limites de la précision donnée par les meilleures expériences. L'existence pratique du terme en t^2 dans le développement de la fonction est bien certaine, quelle que soit l'échelle thermométrique employée ; mais il n'y a pas lieu d'introduire, dans l'expression de la dilatation du platine[1] entre 0° et 100°, des puissances plus élevées de t. Il convient de remarquer que, plus l'échelle adoptée se rapproche de l'échelle absolue, plus le coefficient β est petit ; cependant, il y a lieu de croire que l'échelle donnée par la dilatation

[1] Les excellentes mesures faites par M. Benoît au moyen de l'appareil Fizeau conduisent à la même conclusion pour tous les métaux ou cristaux qu'il a examinés.

de l'hydrogène est assez voisine de l'échelle absolue pour que ce coefficient ne diminue plus sensiblement lorsqu'on passera de l'une à l'autre.

8. *Passage des systèmes Réaumur et Fahrenheit au système centigrade, et inversement.* — Supposons une dilatation rapportée à un thermomètre quelconque, gradué dans les systèmes Réaumur ou Fahrenheit ; nous voulons exprimer cette dilatation au moyen de l'échelle particulière au même thermomètre, supposé divisé en degrés centigrades.

Si, dans les formules de transformation, nous désignons par T une température dans le système centigrade, par t la même température dans le système Réaumur, l'équation (2) deviendra

$$(2_a) \qquad t = 0,8\,T = H'T,$$

d'où

$$(5d) \qquad \begin{cases} a = 0,8 & \alpha_R = \alpha_C, \\ b = 0,64 & \beta_R = \beta_C; \end{cases}$$

c, d....., h sont nuls.

En substituant dans les formules (13), on voit que a et b sont les deux coefficients de la formule de dilatation dans le système centigrade [1].

Si l'on veut passer du système Fahrenheit au système centigrade, les formules précédentes, trouvées en supposant que les deux systèmes partent du même zéro, ne suffisent plus ; il faut poser

[1] Pour effectuer la transformation du système centigrade actuel au système centigrade dans lequel l'unité de pression est l'unité pratique C. G. S. (voir Annexe), on posera

$$a = 0,996\,31\,\alpha_C = \alpha'_C$$
$$b = 0,992\,63\,\beta_C = \beta'_C$$

(2b) $$t = 32 + 1{,}8T.$$

En substituant directement dans l'équation (1), on trouve

(14) $$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_C = 1{,}8\ \alpha_F + 115{,}2\,\beta_F, \\ \beta_C = 3{,}24\,\beta_F. \end{array} \right.$$

La longueur initiale au zéro centigrade, par rapport à la longueur au zéro Fahrenheit, est

(14a) $$l_0(1 + 32\,\alpha_F + 1024\beta_F).$$

Une dilatation exprimée dans le système Fahrenheit par

$$l_t = l_0(1 + \alpha_F t + \beta_F t^2).$$

sera donnée, dans le système centigrade, par

(15) $$\begin{array}{l} l_T = l_0[1 + 32\,\alpha_F + 1024\,\beta_F \\ \qquad + (1{,}8\,\alpha_F + 115{,}2\beta_F)T + 3{,}24\beta_F T^2]. \end{array}$$

Pour les transformations inverses, on posera

(2c) $$t = 1{,}25T,$$

pour passer du système centigrade au système Réaumur; d'où

(5e) $$\left\{ \begin{array}{l} a = 1{,}25 \quad \alpha_C = \alpha_R, \\ b = 1{,}5625\,\beta_C = \beta_R, \end{array} \right.$$

et, pour passer du système centigrade au système Fahrenheit,

(2d) $$t = \tfrac{5}{9}(T - 32) = 0{,}555\ldots(T - 32).$$

On en tire

$$(14_b) \quad \begin{cases} \alpha_F = 0,555\ldots, \alpha_C - 19,753\beta_C, \\ \beta_F = 0,30864\beta_C. \end{cases}$$

La longueur initiale au zéro Fahrenheit est

$$l_0(1 - 17,77\ldots, \alpha_C + 316,05\beta_C).$$

9. *Applications.* — Les formules (13) sont susceptibles de diverses applications; elles peuvent servir, en général, à réduire au second degré toutes les expressions contenant les huit premières puissances de la température, affectées de coefficients suffisamment petits. Les différences entre la fonction donnée et la fonction réduite dépendent de ces coefficients et des limites de température entre lesquelles la meilleure concordance doit avoir lieu.

On remarquera que ces formules ne sont pas tout à fait générales, en ce sens que l'une des limites est zéro. On peut se libérer de cette condition de deux manières : 1° soit en remplaçant, dans les formules (11), T_1 par une valeur différente de zéro. Mais alors les formules deviennent extrêmement compliquées. 2° Soit, ce qui est beaucoup plus simple, en changeant le point de départ des températures, de manière à le faire coïncider avec la limite inférieure de concordance. La *longueur initiale* est alors changée, comme dans le passage du système Fahrenheit au système centigrade.

Réduction d'une fonction du troisième degré au second. — Les formules trouveront une application fréquente, dans la réduction au second degré, des formules du troisième ou du quatrième degré, dont on a fréquemment

abusé pour représenter les dilatations. J'en donnerai un seul exemple. Isidore Pierre, dont les excellentes mesures de dilatation de divers liquides sont devenues classiques, s'est servi, le plus souvent, de fonctions du troisième degré, pour un motif très simple : c'est qu'il ne connaissait pas la méthode des moindres carrés, et déduisait les trois termes de sa formule de trois dilatations moyennes.

Après lui, de nombreux auteurs ont employé des expressions de même forme. Il est aisé, cependant, de reconnaître que, au degré de précision de certaines mesures, des expressions du second degré eussent été suffisantes.

Comparons, par exemple, les formules données par Isidore Pierre, M. Kopp et M. Ketteler, pour représenter la dilatation de l'alcool éthylique. Les coefficients des termes en t, t^2 et t^3 dans ces formules sont :

	Pierre.	Kopp.	Ketteler.
$a =$	$+1,04863 . 10^{-3}$	$+1,04141 . 10^{-3}$	$+1,04745 . 10^{-3}$
$b =$	$+1,7510 . 10^{-6}$	$+0,7836 . 10^{-6}$	$+0,9917 . 10^{-6}$
$c =$	$+1,345 . 10^{-9}$	$+17,62 . 10^{-9}$	$+13,67 . 10^{-9}$

Ces coefficients sont individuellement très différents dans les trois formules ; cependant il s'établit entre eux une sorte de compensation qui rapproche les résultats ; malgré cela, ces derniers diffèrent sensiblement, comme nous allons le voir.

Réduisons d'abord la formule d'Isidore Pierre au second degré, entre 0° et 50°, par exemple. Nous emploierons pour cela, d'après (13), les formules

$$\alpha = a - 1000c,$$
$$\beta = b + 66,67c.$$

Il en résulte

$$\alpha = +1,04728.10^{-3}$$
$$\beta = +1,8407\ .10^{-6}$$

Nous calculerons maintenant les dilatations données par les formules qui précèdent. Le tableau suivant contient dans la première colonne les températures; dans les colonnes 2, 3, 5 et 7, les dilatations calculées par les formules de Pierre, originale et réduite, de Kopp et de Ketteler; dans les colonnes 4, 6 et 8, on a porté les différences entre chacune des précédentes et la colonne 2, multipliées par 10^6

	Valeurs.						
t	Pierre 3e degré.	Pierre réduit.	Différences.	Kopp.	P—Kopp.	Ketteler.	P—Ketteler
0.	1,000 000	1,000 000	0	1,000 000	0	1,000 000	0
10.	1,010 663	1,010 657	+ 6	1,010 510	+153	1,010 587	+ 76
20.	1,021 684	1,021 682	+ 2	1,021 283	+401	1,021 455	+229
30.	1,033 071	1,033 075	− 4	1,032 423	+648	1,032 685	+386
40.	1,044 833	1,044 836	− 3	1,044 038	+795	1,044 360	+473
50.	1,056 977	1,056 966	+11	1,056 232	+745	1,056 560	+417

On voit que les différences entre les valeurs de la dilatation données par la formule du troisième degré calculée par Isidore Pierre et la formule réduite sont en moyenne environ cent fois plus petites que celles qui existent entre ces valeurs et celles de Kopp. Dans ces conditions, il est illusoire de calculer une formule à trois termes.

Nous avons choisi dans les données qui précèdent un cas particulièrement défavorable. Dans les formules de Kopp et de Ketteler, le terme en t^3 est beaucoup plus grand que dans celle d'Isidore Pierre, et ne disparaît pas aussi facilement; la différence entre la formule originale

et la formule réduite entre 0° et 70° sont cependant plus faibles que celles qui existent entre les formules de Kopp et de Ketteler, mais deviendraient sensiblement égales pour des limites de température un peu plus écartées.

Dilatations cubiques. Le calcul des dilatations cubiques au moyen des dilatations linéaires nous fournira un autre exemple de réduction.

La dilatation linéaire d'un corps étant donnée par une formule contenant les deux premières puissances de t, la dilatation cubique sera exprimée par une fonction du sixième degré en t. Cette fonction pourra être réduite au second degré par les formules (13), dans lesquelles a, b, c....., sont les coefficients des puissances croissantes de t dans l'expression de la dilatation cubique; g et h sont nuls.

Supposons le cas tout à fait général où les dilatations sont différentes dans trois directions perpendiculaires, et désignons par α_1 et β_1, α_2 et β_2, α_3 et β_3 les coefficients de la dilatation dans chaque direction; nous obtiendrons les deux coefficients d'une formule quadratique pour la dilatation cubique en introduisant, dans les deux formules (13), les valeurs suivantes des constantes :

$$(16)\quad \begin{cases} a = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3, \\ b = \alpha_2\alpha_3 + \alpha_3\alpha_1 + \alpha_1\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3, \\ c = \alpha_2\beta_3 + \alpha_3\beta_2 + \alpha_3\beta_1 + \alpha_1\beta_3 + \alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1 + \alpha_1\alpha_2\alpha_3, \\ d = \beta_2\beta_3 + \beta_3\beta_1 + \beta_1\beta_2 + \alpha_2\alpha_3\beta_1 + \alpha_3\alpha_1\beta_2 + \alpha_1\alpha_2\beta_3, \\ e = \alpha_1\beta_2\beta_3 + \alpha_2\beta_3\beta_1 + \alpha_3\beta_1\beta_2, \\ f = \beta_1\beta_2\beta_3. \end{cases}$$

Lorsque les dilatations sont les mêmes dans les trois directions, les formules se réduisent à

$$(16_a)\qquad \left\{\begin{aligned} a &= 3\alpha, \\ b &= 3(\alpha^2 + \beta), \\ c &= \alpha(\alpha^2 + 6\beta), \\ d &= 3\beta(\alpha^2 + \beta), \\ e &= 3\alpha\beta^2, \\ f &= \beta^3. \end{aligned}\right.$$

Dans ce dernier cas, on aura

$$(17)\qquad \left\{\begin{aligned} \alpha' &= 3\alpha - \tfrac{2}{5}\alpha(\alpha^2 + 6\beta)T^2 - \tfrac{12}{7}\beta(\alpha^2 + \beta T^3 \\ &\qquad - \tfrac{27}{14}\alpha\beta^2T^4 - \tfrac{2}{3}\beta^3T^5, \\ \beta' &= 3(\alpha^2 + \beta) + \tfrac{4}{3}\alpha(\alpha^2 + 6\beta)T + \tfrac{30}{7}\beta(\alpha^2 + \beta)T^2 \\ &\qquad + \tfrac{30}{7}\alpha\beta^2T^3 + \tfrac{25}{18}\beta^3T^4. \end{aligned}\right.$$

Dans l'état actuel des mesures, on peut généralement se contenter du premier terme de chaque formule ; mais il faudra nécessairement avoir recours aux termes suivants, lorsque les mesures seront beaucoup plus précises.

10. *Changement arbitraire d'un coefficient.* — Il peut arriver que deux fonctions du même degré, très différentes en apparence, puissent donner des résultats presque identiques entre certaines limites; comme nous venons de le voir, il s'établit entre les quantités fournies par chaque terme une compensation partielle, de telle sorte que la somme des deux formules diffère peu. Inversement, deux systèmes d'observations à peu près identiques peuvent conduire à des formules qui paraissent différer beaucoup. Il est aisé d'en découvrir la raison. Considérons, par exemple, la dilatation du platine entre 0° et 40°. D'après l'exemple développé plus haut, le coefficient du terme en t^2 dans l'échelle normale est sensiblement égal à $1{,}5.10^{-9}$. Ce terme apporte donc, dans le résultat de la dilatation de 1^m à 40°, un allongement de $2{,}4\ \mu$. Si, par

conséquent, on joint les extrémités de la courbe de dilatation entre 0° et 40° par une droite, elle différera de la courbe, au maximum de 0,6 μ. Or, supposons que les observations aux extrémités aient été abaissées de 0,3 μ, et élevées au milieu de la même quantité; les points directement observés, interprétés géométriquement, se rangeront sur une droite, c'est-à-dire que le terme en t^2 disparaîtra de la formule que l'on déduira de ce système d'observations. En revanche, le coefficient du premier terme, qui donne la valeur de la tangente à l'origine de la courbe, sera un peu augmenté. On voit donc que, même pour des observations très bien faites, il peut arriver que deux séries de mesures d'une même règle en platine conduisent à deux formules, dans lesquelles le coefficient du terme en t^2 diffère de la moitié de sa valeur, ou même plus.

Il est utile, dans un cas semblable, de pouvoir comparer les deux formules; il peut être avantageux aussi d'attribuer au coefficient du terme en t^2 une valeur arbitraire, différente de celle que les observations ont conduit à lui donner, et qui est déduite, par exemple, d'un ensemble de mesures ou de déterminations indirectes, susceptibles de fournir une valeur très exacte de ce coefficient [1]. Il

[1] On démontre facilement, en s'appuyant sur les données déduites de la comparaison des thermomètres, que, pour divers échantillons du même verre, le coefficient du terme en t^2 dans la formule de dilatation ne peut différer que d'une fraction de sa valeur, sans doute inférieure à un pour cent. Or, les meilleures mesures qu'il est actuellement possible de faire ne permettent pas de déterminer directement ce coefficient à un dixième près. Si donc on connaît une valeur de ce coefficient qui soit certainement plus exacte que le nombre déduit d'expériences directes, il peut y avoir avantage à recalculer la valeur la plus probable de la formule, en adoptant un nouveau coefficient pour le terme en t^2.

faut alors corriger le premier terme, de telle manière que la nouvelle formule coïncide le mieux possible avec l'ancienne entre certaines limites.

Soit

$$l_t = l_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$$

la relation donnée.

Nous remplaçons arbitrairement β par β', et cherchons la valeur α' qu'il faut substituer à α pour que la quantité l donnée par

$$l_t = l_0(1 + \alpha' t + \beta' t^2)$$

diffère le moins possible de l_t entre deux températures données.

En appliquant le procédé suivi précédemment, nous aurons à résoudre l'équation

$$\int_{t_1}^{t_2} (l'_t - l_t)^2 dt = \text{min.}$$

ou

$$\frac{d}{d\alpha'} \int_{t_1}^{t_2} [(\alpha' - \alpha)\, t + (\beta' - \beta) t^2]^2 dt = 0.$$

En effectuant les calculs, on trouve

$$\alpha' = \alpha + \tfrac{3}{4}(\beta - \beta') \frac{t_2{}^4 - t_1{}^4}{t_2{}^3 - t_1{}^3}$$

Ou, pour $t_1 = o$, $t_2 = t$:

$$\alpha' = \alpha + \tfrac{3}{4}\,(\beta - \beta')t.$$

Supposons, par exemple, que des expériences directes,

faites entre 0° et 40°, aient donné, comme expression d'une dilatation, la formule :

$$l_t = l_0(1 + 8,5.10^{-6}t + 1,5.10^{-9}t^2),$$

et que d'autres expériences indirectes conduisent à attribuer au coefficient du terme en t^2, la valeur 1.10^{-9}. Nous poserons

$$\alpha' = 8,5.10^{-6} + 30.0,5.10^{-9} = 8,515.10^{-6}.$$

Les allongements en microns par mètre donnés par la fonction primitive et la fonction transformée sont consignés dans le Tableau suivant :

t	Fonction primitive.	Fonction transformée.	Différence.
0	0,00	0,00	0,00
10	85,15	85,25	— 0,10
20	170,60	171,70	— 0,10
30	256,35	256,35	0,00
40	342,40	342,20	+ 0,20

Les différences ne dépassent pas 0,2 μ. Si l'on avait annulé le terme en t^2, les différences auraient été respectivement de 0,3 μ et 0,6 μ.

A plusieurs reprises, on a voulu conclure d'expériences de moyenne précision, faites sur de faibles longueurs, et dans les limites de température restreintes, que le coefficient de la dilatation des métaux était le même à diverses températures. Mais on voit que ces expériences ne pouvaient conduire à aucune conclusion certaine, puisque l'existence d'un terme en t^2 dans l'expression d'une dilatation ne peut être démontrée dans certains cas que par des expériences de la plus haute précision. Des erreurs relativement faibles pour des mesures de

moyenne précision pourraient annuler ce coefficient dans le résultat, ou même conduire à lui attribuer une valeur négative.

Annexe.

Sur l'unité pratique de pression dans le système C. G. S.

J'ai donné plus haut une formule servant à transformer une dilatation donnée dans le système centigrade actuel dans un autre système centigrade, dans lequel la valeur du point 100 serait modifiée. Ce dernier serait donné par la température d'ébullition de l'eau dans l'unité pratique de pression dans le système C. G. S. Quelques mots d'explication à ce sujet ne seront peut-être pas inutiles.

On sait que l'unité C. G. S. de pression est la dyne par centimètre carré; mais on lui substitue dans la pratique la mégadyne par centimètre carré, dont la valeur est plus en rapport avec les mesures ordinaires.

Je me propose de calculer la hauteur de la colonne de mercure qui exerce une pression d'une mégadyne par centimètre carré, à 45° et au niveau de la mer.

La densité d'un corps étant égale au quotient de sa masse par son volume, il s'agirait d'abord de connaître la masse du centimètre cube de mercure. Or, la densité du mercure à 0° est 13,5956 fois plus forte que celle de l'eau à 4°. Mais la densité de l'eau, prise pour unité, lors de la fondation du système métrique, en diffère de l'erreur commise dans la construction du kilogramme. Aujourd'hui encore, cette erreur est inconnue; il est probable que la densité de l'eau est un peu plus petite que

l'unité, mais on n'en est pas parfaitement sûr. Il paraît prouvé cependant que l'erreur est inférieure à un dix-millième. Nous supposerons qu'elle est nulle.

D'autre part, des expériences récentes et très précises du commandant Defforges ont donné, pour l'accélération de la pesanteur, à l'observatoire de Paris, la valeur 980,96 cm. : sec ^{2}.

En admettant que le facteur de réduction aux conditions normales soit égal à $\frac{1}{1{,}00033}$, on trouve comme valeur de g à 45° et au niveau de la mer :

$$g_{45;\,0} = 980{,}63 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}.$$

La pression exercée par une colonne de mercure de 1 cm. de hauteur est donc de 13 332,25 dynes : cm^2.

La colonne de mercure exerçant une pression d'une mégadyne par centimètre carré aurait donc une hauteur de 75,006 cm. L'incertitude de ce nombre est égale à un dix-millième environ de sa valeur; donc, si l'on admettait, ainsi qu'on l'a fait pour l'ohm, un nombre arrondi, on ne sortirait pas des limites d'incertitude qui règne sur l'unité pratique de pression dans le système C. G. S., en adoptant comme pression normale celle qui est exercée par une colonne de 75 cm. de mercure à 0° située à 45° et au niveau de la mer. J'ai proposé ailleurs de donner à cette unité le nom de *barie* (abréviation b), qui, malgré une étymologie peu rigoureuse a son précédent dans les mots *baromètre,* courbes *isobares,* etc. Les multiples et sous-multiples usuels seraient la *mégabarie,* la *kilobarie,* la *millibarie* et la *microbarie* (abréviations Mb, kb, mb et μb).

OBSERVATIONS TÉRATOLOGIQUES

PAR

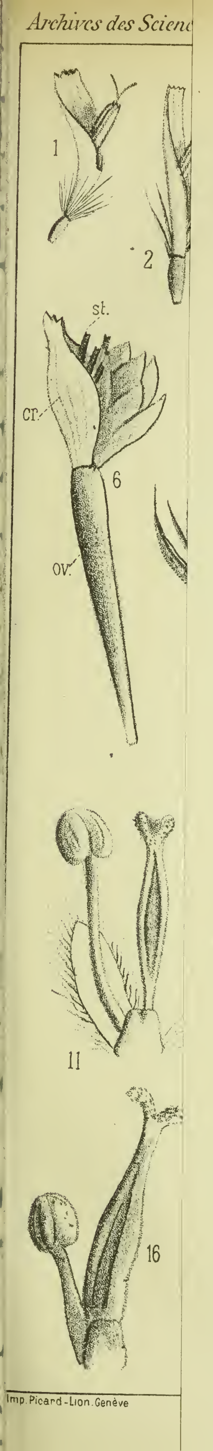
M. Robert CHODAT
Privat-docent à l'Université de Genève.

(Avec planche I.)

Communiqué à la Société des sciences physiques et naturelles de Genève dans ses séances du 7 mars et du 4 juillet 1889.

I. Polygala vulgaris.

Je dois à l'obligeance de M. Schmidely à Genève la connaissance de *Polygala vulgaris subsp. comosa* var. *pyramidalis* nob., très intéressants à cause de leurs organes floraux transformés. Ces plantes ont été récoltées par lui près de Vésenaz. Je ne les ai vues que sèches. Leur bonne conservation m'a cependant permis d'en faire l'étude. Un des échantillons était rameux à la base; vers le milieu il s'épaississait présentant une tige ayant tout l'apparence d'une fasciation, et se terminait par une grappe bifurquée au sommet. Les autres échantillons ne présentaient pas cette fasciation à un si haut degré. La plupart des fleurs étaient anormales. Trois formes ont présenté un véritable intérêt au point de vue du diagramme général des Polygalacées On sait que ces plantes ont leurs fleurs sur le type 5, avec des suppressions plus ou moins



Imp. Picard-Lion. Genève


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31a
32
31b
cr.
st.
ov.
gl.
p.
c
p.i.
al.
an.

nombreuses[1] : Chez nos Polygala deux pétales latéraux manquent complètement ainsi que l'étamine médiane du verticille intérieur et extérieur. Cette suppression dans l'androcée est normale pour toute la famille à l'exception de *Muraltia* et *Salomonia* qui en présentent d'autres. J'ai déjà indiqué succinctement, autre part[2], pourquoi le type 5 est quand même typique pour cette famille. Les monstruosités que j'ai étudiées sur les exemplaires qui m'ont été remis par M. Schmidely viennent encore confirmer la théorie de la pentamérie des Polygala.

Première modification.

Sépales extérieurs normaux, ailes normales, corolle à cinq pétales inégaux libres; androcée monadelphe à 10 étamines plus ou moins foliacées, ovaire avorté, style allongé, stygmates modifiés (Pl. I, fig. 28-32).

Dans cette singulière monstruosité, le pétale supérieur était spathulé, plan, mais non cuculliforme (fig. 32), sa marge terminale était ciliée, il portait un appendice en forme de crête. Les deux pétales supérieurs qui sont conservés dans la fleur normale et soudés au tube staminal présentaient des découpures à leur extrémité et portaient une étamine sur leur marge antérieure (fig. 31). Le filet de cette dernière était soudé au bord du pétale, tandis que l'anthère était proéminente; les deux pétales qui avortent toujours dans la forme normale étaient très bien développés et avaient la même forme que les ailes, ainsi que leur coloration (fig. 29). Leur position était tout à

[1] Chodat, Notice sur les Polygalacées. *Arch. des sc. phys. et nat.* 1887.

[2] Notice s. Poly., loc. cit.

fait normale et ne laissait aucun doute sur leur identité. Les huit autres étamines étaient soudées ensemble par leurs filets en une colonne irrégulière se divisant au sommet en huit lobes foliacés, irrégulièrement découpés. Chacun de ces lobes portait un rudiment d'anthère (fig. 28).

Seconde modification.

Sépales extérieurs normaux, ailes normales, corolle à cinq pièces, pétale supérieur ligulé, très étroit, portant sur son dos un appendice petit, foliacé, soudé dans presque toute sa longueur au tube staminal, pétales supérieurs normaux, pétales latéraux libres un peu plus petits que les ailes et de même couleur.

Tube staminal complètement fermé, non fendu, entourant de toutes parts le pistil, dépourvu d'anthères, muni de dix faisceaux. Pistil normal (fig. 27).

Cette modification diffère principalement de la précédente par son androcée en tube parfait.

Il était à prévoir que si l'on rencontrait des Polygala à dix étamines, ces dernières seraient soudées en une monadelphie tubulée et non plus ouverte du côté supérieur comme dans le cas normal. J'ai déjà une fois observé un cas de pentamérie parfaite chez les Polygala.

Cette observation avait été faite sur une fleur trop jeune pour qu'on pût savoir comment se comporterait cette dixième étamine vis-à-vis des autres. Demeurerait-elle libre à la façon de la dixième chez beaucoup de Papilionacées ? On voit que cette monstruosité est très intéressante, en ce sens qu'elle nous montre comment se comporterait cette étamine médiane supérieure, si elle se développait.

Troisième modification.

Sépales extérieurs normaux, ailes normales, corolle pentamère très réduite, pétale inférieur linéaire soudé dans toute sa longueur au tube staminal, ne dépassant pas ce dernier, pétales supérieurs normaux soudés au tube staminal, pétales latéraux lancéolés, squammiformes, très réduits, soudés au tube staminal et opposés chacun à la troisième étamine (en partant du bord de la monadelphie), androcée en tube ouvert dépourvu d'anthères et poilu à l'intérieur, muni de huit faisceaux. Pistil normal (fig. 26).

Cette monstruosité n'est à vrai dire qu'une réduction du type ordinaire; elle est moins intéressante que les deux autres. Les pétales latéraux y apparaissent sous la même forme que chez les espèces qui les possèdent normalement[1]. La carène est excessivement réduite, on ne la reconnaît plus qu'à ses faisceaux distincts de ceux du tube staminal (fig. 26^c).

Ces monstruosités ont un réel intérêt, car elles confirment d'une part la pentamérie double de l'androcée, d'autre part l'opinion que nous avons émise (l. c. p. 43) à savoir que les pétales supérieurs sont toujours soudés au tube staminal ou aux étamines. En effet, dans notre seconde modification nous voyons malgré l'antholyse presque complète, les deux pétales supérieurs soudés aux deux étamines supérieures. Enfin elles montrent aussi que même chez nos *Polygala* où l'avortement de deux pétales latéraux paraît être congénital, ceux-ci apparais-

[1] Chodat, Notice sur les Polyg. *Arch. des sc. phys. et nat.* 1887.

sent cependant quelquefois très bien conformés. Dans le genre Polygala, ils n'atteignent jamais leur complet développement; les plus grands que j'aie rencontrés appartenaient à *P. subuniflora* Boiss. et à *P. obovata* St-Hil. Jamais ils n'atteignent la dimension de ceux de nos deux premières monstruosités, si ce n'est chez *Xanthophyllum*, genre asiatique presque actinomorphe.

II. Crepis taraxacifolia

J'ai observé sur cette Composée deux formes tératologiques excessivement curieuses. Les plantes qui font l'objet de cette étude ont été trouvées dans deux localités différentes. La première provient de Rondchâtel dans les gorges de la Reuchenette, l'autre de Vigneule, près Bienne.

Première modification.

La plante était haute de 50 cm., très rameuse; les feuilles rares ou très réduites. Les rameaux inférieurs grêles et allongés portaient des capitules plus ou moins normaux. La coloration des fleurons passait du jaune verdâtre au vert. Les ramifications supérieures étaient aussi grêles, mais beaucoup plus allongées; ils se terminaient par un involucre à folioles espacées et dont les plus extérieures descendaient en spirale sur une certaine longueur de la tige. Du centre de ces involucres partaient des pédoncules de 3 cm. portant à leur sommet une fleur modifiée dont nous étudierons plus bas la structure. Ces pédoncules formaient ainsi les rayons d'une ombelle, et rappelaient en petit l'ombelle fructifère de *Daucus ca-*

rotta. En examinant les différents capitules on pouvait suivre pour ainsi dire pas à pas la modification. Les capitules inférieurs contenaient des fleurs normales (fig. 1); les supérieurs présentaient les modifications suivantes :

I. L'ovaire s'allonge un peu et les soies de l'aigrette sont devenues moins nombreuses; plusieurs ont pris une apparence foliacée (verte) ; la corolle s'est aussi allongée, mais elle est demeurée normale, ainsi que les organes intérieurs (fig. 2). Cette modification peut devenir plus marquée, alors l'ovaire allongé égale en longueur le reste de la fleur, tandis que les résidus de l'aigrette deviennent foliacés (fig. 3). Dans ce dernier cas l'ovaire s'est transformé en pédoncule et la corolle est soulevée au dehors du péricline; le capitule ressemble alors à une petite ombelle. Il n'y a plus d'ovule dans l'ovaire transformé.

II. L'ovaire s'est considérablement allongé ($2\,^1/_2$ cm.) ; l'aigrette est réduite à quelques folioles vertes unilatérales ; la corolle s'est fendue jusqu'à la base et a cependant conservé sa couleur jaunâtre ; les étamines sont encore conservées, mais elles ne sont plus soudées ensemble que par le sommet, elles sont colorées en brun foncé ; le style fortement gonflé est devenu pyriforme à la base, il est encore terminé par deux stigmates (fig. 4). Le capitule est transformé en ombelle.

III. L'ovaire est comme précédemment; l'aigrette a disparu, ou plus souvent est transformée en un nombre indéterminé de petites folioles plus ou moins découpées. La corolle est comme dans II. Les anthères ne sont plus conniventes en tube, mais déjetées sur la corolle. Le style s'est transformé en un capitule sessile (fig. 6) ou plus ou moins pédonculé (fig. 5-7). Ce petit capitule ressemble absolument mais en petit aux jeunes capitules normaux

de *Crepis taraxacifolia.* Les folioles du péricline sont vertes et imbriquées. Le réceptacle formé par la base du style porte un nombre peu considérable de jeunes fleurs. Ces fleurs embryonnaires se prêtaient très bien à une étude embryogénique. Comme cela a déjà été déterminé pour d'autres Composées, l'aigrette apparaît après que la corolle a atteint une certaine longueur et après la naissance des étamines. Ces émergences ne naissent pas simultanément, elles apparaissent à des hauteurs différentes et leur nombre est indéterminé. Les nouveaux mamelons ne sont pas le résultat du dédoublement de mamelons précédents, mais ils naissent indépendants, sans ordre (fig. 8).

Seconde modification.

La plante était semblable aux premières ; tous les capitules étaient modifiés de la même manière. L'ovaire s'était allongé et l'aigrette était devenue foliacée ; les autres organes n'avaient subi aucune transformation (fig. 9-10).

Que nous apprennent ces faits tératologiques? Il est souvent téméraire de vouloir tirer des conclusions générales ou définitives si les altérations observées ne peuvent être rapprochées directement de faits normaux.

Le premier résultat qui ressort clairement, c'est que le gynécée est la plus altérable de toutes les parties de la fleur et l'androcée la moins altérable. Le second, c'est que l'aigrette n'apparaît pas comme un véritable calice, mais à la façon des émergences ou des trichomes et que sa naissance est très tardive. Enfin qu'il y a une singulière analogie entre ces inflorescences et celle des Ombellifères.

Les ovaires transformés sont devenus les rayons primaires ; l'aigrette modifiée et réduite, forme avec la corolle et l'androcée les premiers termes de la série involucrale qui se développe aux dépens du style. Le périanthe du calathide mère est comme l'involucre de l'inflorescence d'une ombellifère et le périanthe avec les résidus des enveloppes florales représente l'involucelle de la même inflorescence. L'analogie est plus complète encore : On sait par les travaux de Sieler (v. Eich. Blüth. Diagr. II. Ombellif.) que chez les Ombellifères, de toutes les parties de la fleur, ce sont les étamines qui apparaissent en premier lieu, ensuite les pétales, puis le calice et enfin seulement les carpelles.

En général, de tous les verticilles, ce sont les derniers apparus qui sont le plus altérables. De même ici, les carpelles sont modifiées en premier lieu et le calice ne se développe pas. Les étamines et la corolle persistent. Ces faits montrent qu'il y a une parenté bien marquée entre les Ombellifères et les Composées, parenté qui se manifeste surtout dans l'ontogénie et les inflorescences. La gamopétalie des Composées se retrouve d'ailleurs chez quelques Cornées, famille qui se rattache étroitement aux Ombellifères. L'ovaire biloculaire des Ombellifères se retrouve chez les Rubiacées qui sont très voisines des Composées. Chez toutes ces familles, le calice apparaît tardivement ou avorte. Toutes ont l'ovaire infère concrescent avec les verticilles extérieurs, toutes n'ont qu'un verticille staminal. La parenté étroite entre les Dialypétales inférovariés isostemonés avec les Gamopétales inférovariées à étamines sur la corolle (Stellatæ de Eichler) me paraît très réelle et c'est ce que j'ai essayé de confirmer.

III. Saules.

La fleur des Saules a donné déjà lieu à de nombreux commentaires, et malgré tout ce qui en a été dit, la question ne paraît pas encore être arrivée à son dénouement. Il est aujourd'hui hors de doute que les glandes, qui se trouvent à la base des fleurs, n'appartiennent pas aux organes floraux proprement dits, mais qu'ils sont de formation discoïdale. Chez certaines espèces les deux glandes concrescentes forment une petite cupule qui ressemble beaucoup à celle des peupliers. Ces glandes ne jouent donc aucun rôle dans la théorie de la fleur, ce sont des organes purement physiologiques servant à attirer les insectes. La difficulté d'interpréter la fleur des Saules git principalement dans le fait que chez les Saules diandres, la position des deux carpelles est la même que celle des deux étamines.

Si, supposant que chacune de ces fleurs est la réduction d'un type primitivement hermaphrodite, on essaye de reconstituer théoriquement cette fleur, les deux étamines tomberont sur les deux carpelles ou leur seront opposées. Or un type pareil ne répondrait guère à la théorie d'alternance, ni à celle du type hermaphrodite. On a déjà essayé de donner une explication de cette superposition en disant que la valeur morphologique et topographique des deux éléments est la même et qu'il n'y a pas de type hermaphrodite[1]. Cette opinion me paraît justifiée, au moins pour les Saules diandres; pour les autres je fais encore des réserves. Voici quelques observations faites

[1] Eichl. Bluth. Diagr. I, Göppert, Flora, 1832, p. 253.

sur différentes espèces et démontrant combien facile et complète est la transformation d'un organe dans un autre. On sait déjà depuis longtemps que dans certains chatons femelles les carpelles se transforment en étamines, et vice versa [1]. On verra que dans cette transformation il y a une période d'hermaphroditisme très singulière et qui peut se manifester d'une manière variable chez les différentes espèces.

1° L'exemplaire étudié était un Saule du groupe des *Caprea* probablement *S. cinerea*. Les deux étamines commencent par se souder à la base par leurs filets ; c'est quelque chose comme ce qui s'observe chez *S. incana* et *S. zygostemon* où les filets des étamines sont soudés sur une partie variable de leur longueur (fig. 21). Dans un cas plus avancé les deux filets se sont soudés sur toute leur longueur; l'anthère paraît être alors unique; elle est dépassée par le connectif allongé. Cette soudure complète s'observe normalement chez *S. purpurea*. Durant cette transformation le filet s'est notablement épaissi, il est devenu poilu.

2° C'est encore un *Caprea*.

Les fig. 22-25 montrent l'évolution que je viens de signaler pour une autre espèce. La transformation s'accentue plus nettement ici. Le connectif s'épaissit et se renfle entre les deux anthères, il se termine au-dessus de celles-ci en stigmate bifide. Dans le connectif renflé, j'ai trouvé des ovules parfaitement conformés. Chez certaines fleurs le stigmate manquait, mais l'ovaire poilu formé par la concrescence des deux étamines portait latéralement deux poches polliniques très grosses (fig. 24). Dans d'au-

[1] *Jahrb. Bot. Verh.*, m. n. Rh., 1837, Maquart, Mast. Teratology.

tres, l'ovaire dérivé prenait une forme bizarre. Les fleurs (fig. 24-25) étaient donc hermaphrodites, mais uniquement au point de vue physiologique.

3° Les plantes qui ont servi à cette observation m'ont été obligeamment remises par M. *Paîche,* botaniste à Genève. Elles se rapportaient au *S. Russeliana (fragilis* × *pentandra).*

Beaucoup de chatons étaient complètement mâles, quelques-uns androgynes, la base ♂, le sommet ♀. La transformation de l'étamine en carpelle était ici d'autant plus intéressante, que chez la plupart des fleurs atteintes de cette monstruosité, une seule étamine se transformait en carpelle, tandis que l'autre demeurait normale. Dans la fig. 15, on voit une fleur mâle, dont l'une des étamines commence à se modifier : le connectif est déjà transformé en stigmate ; la fig. 13 montre cette transformation plus effective; le filet renflé et terminé par un stigmate informe porte encore les rudiments des loges de l'anthère ; ces loges contiennent du pollen et on trouve des ovules dans le filet renflé; la fig. 14 montre une étamine presque identique; la fig. 16 présente déjà une transformation plus normale; une des étamines s'est transformée en carpelle ouvert et terminé par deux stigmates, l'autre est restée courte; on voit le même phénomène fig. 11. L'ovaire ainsi formé n'est jamais composé que d'un seul carpelle; il y a quelquefois quatre stigmates. C'est l'exemple le plus parfait d'une fleur hermaphrodite chez un Saule.

4° Un autre exemple curieux m'a été donné par un saule (indét.) du Petit-Salève. Chez celui-ci les chatons étaient normalement ♀. Beaucoup de fleurs présentaient la modification suivante : l'ovaire n'était pas surmonté d'un style ou d'un stigmate, mais ouvert en forme d'urne.

Les ovules au fond étaient donc directement à ciel ouvert. La marge de chaque carpelle s'était transformée en tissu pollinifère et portait ainsi deux loges s'ouvrant par une fente regardant l'intérieur. C'est encore ici une autre forme de l'hermaphroditisme chez les Saules (fig. 17-20).

J'ai observé cette transformation de la fleur mâle en fleur femelle chez la plupart de nos Saules diandres. Je n'ai jamais rien trouvé de semblable pour les Saules polyandres.

Le type polyandre chez les Saules paraît être le plus ancien. Plusieurs de ceux décrits par O. Herr dans sa *Flora tertiana Helv.* appartiennent indubitablement à ce type. Gœppert a d'ailleurs trouvé des chatons mâles bien conservés dans le tertiaire de Schönitz. Ceux-ci avaient 5-8 étamines par fleur. Aujourd'hui les Saules polyandres sont les moins nombreux. Le *salix varians* Gœppert avait 5-8 étamines, mais se rattachait déjà au groupe des *Fragiles* (*S. fragilis, S. canariensis*, etc.). Les Saules polyandres d'aujourd'hui se rattachent également à ce groupe, ainsi *S. acmophylla, persica, pentandra.* Comment expliquer la dérivation du type diandre de celui des polyandres, sinon en admettant des suppressions, ce qui est le moins probable ou mieux en supposant qu'une partie des types ♀ des Saules anciens polyandres se sont transformés en types ♂ par la simple modification de carpelles en étamines. Prenons par exemple les faits que nous constatons aujourd'hui. Un saule ♀ peut suivant l'année transformer une partie de ses chatons en fleurs ♂. Il aura ainsi des chatons androgynes. Si cette modification s'accentue, l'année suivante la plante, de femelle qu'elle était, est devenue mâle. De deux pieds du même sexe voisins, l'un peut subir cette modification, tandis que

l'autre reste constant. Il s'en suivra qu'au bout de quelque temps, des deux Saules de même sexe l'un sera resté femelle, l'autre sera devenu mâle. Ils pourront se féconder ainsi mutuellement. Ceci n'est pas seulement une théorie, elle est basée sur des observations. M. Paîche m'affirme avoir constaté cette transformation sur un *Salix incana* et je l'ai observée sur un *Salix caprea*. C'est ainsi que les Saules de la tribu des *Fragiles* seraient dérivés d'individus femelles de *Salix* se rapportant au *Salix varians* Gœppert, et ces formes ♀ et ♂ dérivées se maintenant et s'entre-fécondant auraient produit la ligne des Saules diandres. Ceci expliquerait d'une manière satisfaisante la superposition des étamines et des carpelles chez ces derniers. Les Saules polyandres actuels seraient des types anciens non modifiés.

Les Peupliers sont aussi des types anciens polyandres, mais qui n'ont jamais subi l'évolution que je viens d'esquisser pour les Saules.

Cette théorie est loin d'être prouvée; on conviendra cependant qu'elle a en sa faveur la majorité des cas tératologiques qui s'observent de nos jours chez ce genre si intéressant et si difficile.

Genève, février 1889.

DOSAGE DE LA CASEINE

PAR LE SULFATE DE CUIVRE

PAR

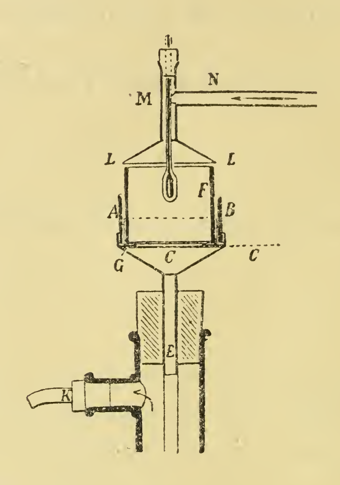
MM. Henry AURIOL et D. MONNIER.

Cette méthode repose sur la réaction suivante. Une solution de sulfate de cuivre précipite la caséine à l'état de caséate de cuivre, insoluble dans un excès du réactif, tandis que toutes les autres substances protéiques, à l'exception de la globuline, donnent des précipités qui se dissolvent dans un excès du réactif.

On prend un ou deux centimètres cubes de lait bien mélangé (un centimètre cube est suffisant quand on opère avec soin). On introduit la quantité de lait mesurée dans un petit verre de Bohême à fond plat et on laisse couler avec une pipette cinq centimètres cubes de la solution de sulfate de cuivre à 5 $^{0}/_{0}$. Le vase est ensuite placé sur le bain-marie pour aider la précipitation du caséate de cuivre. Il est important d'agiter le contenu du verre, le précipité de cette façon ne se prend pas en caillot et se laisse facilement laver. On laisse refroidir le verre avant de filtrer, parce que la matière grasse à l'état

liquide, imprégnerait les pores du papier et retarderait la filtration.

Les entonnoirs dont nous nous servons pour les analyses, inventés par l'un de nous (M. Monnier) présentent la disposition suivante



Cet entonnoir se compose de deux parties, l'appareil de filtration et son étuve.

Le cylindre AB ouvert en haut, terminé à la partie inférieure par un cône qui porte une douille E. A la base du cylindre AB en C se trouve une toile métallique qui garnit entièrement le fond du cylindre. Le tube E est placé à l'aide d'un bouchon en caoutchouc sur un flacon aspirateur muni d'un tube latéral K. On pose sur le cylindre AB une rondelle de papier à filtrer d'un diamètre un peu plus grand que le cylindre, à l'aide d'un second cylindre F ouvert aux deux bouts et d'un diamètre un peu plus étroit, on enfonce le papier jusqu'à ce qu'il repose sur la toile métallique, ainsi que l'indique la figure.

L'entonnoir est prêt à fonctionner. On verse le précipité de caséate sur le filtre, on le lave à l'eau distillée, jusqu'à ce que les eaux de lavage passent incolores. On verse sur le précipité quelques centimètres cubes d'alcool pour enlever l'eau, puis de l'éther qu'il faut laisser de cinq à dix minutes, pour priver le précipité de la matière grasse. Pendant le traitement à l'éther, on supprime l'aspiration. Le caséate de cuivre restant sur le filtre est blanc bleuté, il ne doit pas présenter d'îlots colorés en bleu foncé, ce qui décélerait la présence d'un peu de matière grasse et nécessiterait un nouveau traitement à l'éther. Pour dessécher le précipité, on fait passer au travers de l'appareil un courant d'air chaud; à cet effet, on place sur le cylindre F le cône étuve L, muni du tube M auquel vient aboutir un tube horizontal N. On introduit dans le tube vertical M un thermomètre que l'on fixe à l'aide d'un bouchon. Le tube N est chauffé avec un bec Bunsen, l'air chaud aspiré par K, lorsqu'on fait fonctionner la pompe, traverse le filtre et dessèche rapidement le précipité, qui est ensuite pesé en prenant les précautions habituelles.

Voici les résultats obtenus sur quelques échantillons de lait de provenances diverses.

Le seul échantillon de lait dépassant notablement la moyenne obtenue est celui d'une vache de Schwytz, dont les différentes prises de lait ont donné plus de 4 °/₀ de caséate. Les chiffres les plus bas ont été obtenus avec le lait d'une vache ayant vêlé un mois auparavant, et avec celui d'une laiterie.

Pour obtenir le poids de la caséine pure, on retranche le poids des cendres du caséate de cuivre.

Cent parties de caséate de cuivre contiennent 10 °/₀ de

cendres, moyenne d'un grand nombre d'analyses, la moyenne des laits analysés a donné 3,39 % de caséate de cuivre, dont la dixième partie constitue les cendres. Le poids de la caséine pure est donc de 3,05 %.

Ce chiffre est inférieur à celui donné par différents auteurs qui ont dosé la caséine et l'albumine réunies. Nous avons recherché ensuite quelle était la proportion de cuivre combiné à la caséine. Cent parties de cendres ont donné en moyenne 47 46 % de cuivre; le caséate de cuivre en renferme environ 5 %.

PROVENANCE	Quantités de lait et de sulfate de cuivre employées.	Caséate trouvé.	%
Composition moyenne de la traite d'une écurie	1cc lait. 1cc sulfate.	0,0342	3.42
	2 » 2 »	0,0705	3.52
	5 » 5 »	0,1768	3.53
	1 » 1 »	0,0368	3.68
Lait de Lancy	2 » 2 »	0,0665	3.32
	2 » 2 »	0,0715	3.57
	1 » 1 »	0,035	3.50
Lait d'une laiterie	5 »	0,181	3.62
	2 »	0,0705	3.52
Lait d'une vache de Schwytz	5 » 5 »	0,2033	4.06
	5 » 10 »	0,2065	4.13
	5 » 20 »	0,1938	3.87
Lait d'une laiterie	5 » 20 »	0,1595	3.19
	5 » 10 »	0,1637	3.27
	2 » 5 »	0,0688	3.44
Lait d'une vache ayant vêlé un mois auparavant	5 » 10 »	0,1367	2.73
	2 » 5 »	0,0552	2.76
Lait d'une vache de Schwytz	2 » 5 »	0,0822	4.11
Lait de Lancy	2 » 5 »	0,0611	3.05
Lait d'une vache ayant vêlé	2 » 5 »	0,0547	2.73
Lait d'une écurie	1 » 2.5 »	0,035	3.50
Id.	2 » 5 »	0,068	3.40
Lait d'une vache ayant vêlé trois mois auparavant	5 » 20 »	0,1608	3.21
	2 » 10 »	0,066	3.30
Lait pris à une laiterie	5 » 20 »	0,1386	2.77
	2.5 »	0,071	2.84
Lait pris à une laiterie	2 » sulf. en excès	0,0693	3.46
	1 » »	0,033	3.30
Moyenne des vingt-huit dosages de caséate de cuivre			3.39

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE ET MÉTÉOROLOGIE

Dr von Lepel. Ueber die feuchten Funkenröhren und die Gewitterblitze. Des tubes humides et des éclairs. (*Meteorologische Zeitschrift*, VIter Jahrgang, Heft 6.)

L'étincelle d'une machine d'induction traverse facilement l'air contenu dans un tube enduit à l'intérieur d'une mince couche de paraffine et renfermant une quantité minime de liquide, par exemple d'eau. La paraffine empêche la paroi du verre d'être mouillée et provoque la dispersion du liquide en gouttelettes.

Lorsque le tube ainsi préparé a reçu une certaine quantité d'eau, les étincelles qui s'y produisent sont beaucoup plus longues que dans des tubes secs, les gouttelettes servant à transmettre les étincelles sur leur parcours. Dans un milieu peu humide, les étincelles sont blanches et brillantes; si l'humidité augmente, les étincelles paraissent d'un rose mat et pâlissent au fur et à mesure de cette augmentation.

Cette expérience peut expliquer les apparences diverses qui se présentent pendant les orages. L'humidité du tube peut s'assimiler aux particules nébuleuses du nuage : dans l'un comme dans l'autre cas se montrent des décharges très étendues. Suivant qu'elles se produisent sur le côté du tube ou du nuage tourné vers l'observateur, il percevra la trace bien définie de l'étincelle; s'il la voit par derrière, elle lui apparaîtra diffuse. La couleur des éclairs pourra en même temps varier, ainsi que la nature de leur détonation. Il est très admissible que la densité des nuages ne soit pas con-

stante pendant la durée d'un orage. Le nuage est-il peu dense, l'éclair sera brillant, blanc et plus rare, parce que la résistance à surmonter d'une gouttelette à une autre est plus grande. Le contraire se présente dans une masse nuageuse plus dense; on a alors l'apparence d'éclairs de teinte rose ou lilas.

Les observations d'orages faites par l'auteur pendant l'été 1888 l'ont amené à constater que les éclairs roses venaient toujours frapper la terre, tandis que les blancs pouvaient aussi avoir une direction horizontale. Les éclairs suivant obliquement les gouttes de pluie sont le plus souvent roses. Ils ont parfois une longueur plus considérable que les blancs. Si deux éclairs se succèdent à peu d'intervalle, le second est ordinairement rose, cette couleur pouvant recevoir des teintes de nuances plus ou moins obscures. On a fréquemment constaté que le tonnerre accompagnant les éclairs roses était moins intense qu'après les éclairs blancs.

Les décharges naturelles ou artificielles se distinguent d'après ce qui précède, non plus en éclairs-étincelles ou en éclairs diffus, mais en éclairs ayant à surmonter une plus ou moins grande résistance, brillants ou roses.

L'élément de la tension électrique doit toutefois aussi être introduit pour rendre compte des apparences de la foudre. Cette tension est variable entre la terre et les nuages ou entre deux nuages. On peut aussi la faire varier dans les expériences, en éloignant l'appareil ou en le rapprochant des conducteurs de la machine d'induction. Dans le premier cas une accumulation d'électricité plus considérable est nécessaire; l'étincelle abandonne alors le mauvais conducteur que lui offrent les gouttelettes d'eau et détone avec une lumière vive et une violente explosion.

Nous ne pouvons entrer dans le détail des expériences tentées par M. v. Lepel pour entraver plus ou moins ses décharges électriques artificielles, afin de les comparer aux violents coups de foudre des orages. Ceux-ci sont d'autant plus susceptibles d'enflammer des corps combustibles que leur décharge a été davantage retardée. L'auteur croit donc pouvoir justifier la distinction populaire entre des éclairs froids et des éclairs chauds. Il assimile les éclairs brillants et

blancs aux coups de foudre froids qui n'allument pas d'incendie; les éclairs pâles aux coups de foudre chauds qui en provoquent.

Il formule ainsi ses conclusions :

1° Il existe différentes espèces de décharges électriques qui se distinguent par leur couleur et leur son.

2° Les éclairs diffus (Flächenblitze) sont le résultat d'éclairs-étincelles voilés par des nuages.

3° Les éclairs les plus violents sont les plus lumineux.

4° Les éclairs brillants blafards sont probablement des décharges retardées et sont plus susceptibles d'allumer des corps combustibles.

5° Les éclairs roses proviennent de décharges faibles.

E. G.

CHIMIE

A. Hantzsch. Recherches sur les azols. Thiazols alkylés obtenus par les thioamides. (*Ann.* 250, p. 257. Zurich.)

La substance mère des oxythiazols et des amidothioazols est à la pyridine ce que le thiophène est au benzol; le thiazol et ses homologues alkylés sont des liquides incolores mobiles ressemblant beaucoup aux bases pyridiques, les points d'ébullition sont de 2°-3° plus élevés, l'influence du soufre dans la molécule se fait beaucoup moins sentir que celle de l'azote, de sorte que leurs propriétés chimiques les rapprochent beaucoup plus des pyridines que du thiophène; elles sont neutres, leurs sels ont une réaction acide. Les produits d'addition des thiazols avec les iodures alcooliques fournissent par les alcalis les alkylamines et les alkylthiazols; oxydés par le permanganate de potasse, ils sont totalement décomposés. Si le goudron renferme des thiazols à côté des bases pyridiques, on les découvrira en précipitant ces dernières par le chlorure de mercure, leur sel étant moins soluble que celui des thiazols, et recherchant le soufre dans les eaux mères. Les thiazols monalkylés et dialkylés prennent nais-

sance par la condensation de l'amide d'un acide sulfuré avec l'α chloraldéhyde ou l'α chlorkétone.

Par exemple,
$$\begin{array}{c} CH_2Cl \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array} + \begin{array}{c} SH \\ | \\ C{-}CH_3 \\ \| \\ NH \end{array} =$$

Chloracétone. Thiacétamide.

$$= \begin{array}{ccccc} & CH & - & S & \\ & \| & & | & \\ CH_3.C & & & C{-}CH_3(HCl) + H_2O & \\ & \diagdown & & \diagup\!\!\diagup & \\ & & N & & \end{array}$$

α μ diméthylthiazol.

Ce corps bout vers 144°-145°. Densité 1,0601 à 15°. Son odeur ressemble beaucoup à celle de l'$\alpha\alpha'$ lutidine. L'auteur a aussi préparé l'éther diméthylthiazol carbonique

$$C_5H_6NS{-}COOC_2H_5$$

au moyen de la thiacétamide de l'éther chloracétacétique, aiguilles fusibles à 50°-51°; le μ méthyl α phénylthiazol $C_{10}H_9NS$, fusible à 68°,5 en chauffant la thiacétamide avec la bromacétophénone; le μ méthylthiazol C_4H_5SN, liquide bouillant vers 127°,5, odeur de picoline, en traitant la thiacétamide par l'aldéhyde monochlorée.

R. Nietzki et E. Müller. Tetramidobenzol symétrique. (*Berichte*, XXII, 440. Bâle.)

Le tétramidobenzol symétrique obtenu par Nietzki et Hagenbach en réduisant la dinitro-m-phénylènediamine, renferme deux groupes amidés qui sont entre eux dans la position ortho et dans la position para; on pouvait donc s'attendre à obtenir un double anhydride de la base, mais par l'action de l'anhydride acétique et de l'acétate de soude sur le chlorhydrate, on n'obtient qu'un dérivé tétraacétylé,

aiguilles fusibles à 285°. Avec les kétones de la série grasse et le benzyle, on obtient des chinoxalines; les auteurs ont préparé ainsi la diméthyldiamidochinoxaline, la tétraméthyldichinoxaline, la diméthyldioxydichinoxaline, la diamidodiphénylchinoxaline, la tétraphényldichinoxaline et la tétraamidodiphénazine.

R. Nietzki et J. Zübelen. Acide β naphtol α sulfonique. (*Berichte*, XXII, 453. Bâle.)

Witt a montré que dans les dérivés azoïques de cet acide, le groupe N=N se plaçait dans la position α comme dans β naphtol lui-même, par conséquent, les différences de nuances des acides β naphtolsulfoniques isomères ne proviennent pas d'une place différente occupée par le groupe azoïque; les auteurs ont diazoté l'acide β naphtylamine α sulfonique, fait bouillir avec de l'eau et fondu l'acide en résultant avec de la potasse, ils ont obtenu de l'α naphtol. Le jaune de crocéine, qui dérive d'un acide naphtolsulfonique, en est l'acide dinitré qui, réduit, donne l'acide diamidonaphtolsulfonique $C_{10}H_4(NH_2)_2OHSO_3H$, celui-ci, traité par le chlorure de fer, etc., donne l'imide $C_{10}H_8SN_2O_4$, aiguilles brunes qui diazotées fournissent

$$OH.C_{10}H_4NH_2 < \begin{matrix} SO_3 \\ N{=}N \end{matrix} >.$$

R. Nietzki et J. Zübelen. Acides naphtioniques nitrés. (*Berichte*, XXII, 451. Bâle.)

Nietzki et Benckizer ont montré qu'on peut facilement nitrer les sels des acides amidosulfoniques après les avoir acétylés par l'anhydride acétique; Nietzki et Zübelen ont suivi la même méthode pour les acides naphtioniques (α_1 α_2) et n'ont pas obtenu les deux groupes NO_2 dans le même noyau comme ils s'y attendaient, l'acide amidonitronaphtalinesulfonique qui se forme a pour formule

NH_2

NO_2 SO_3H

et donne en enlevant le groupe sulfonique l'$\alpha_1\alpha_4$ nitronaphtylamine.

Popp. Thiazols obtenus des amidothiazols. (*Annal. d. Chem. u. Pharm.*, 250, p. 273. Zurich.)

Les amidothiazols traités par l'acide nitreux, puis les sels diazoïques formés, portés à l'ébullition avec de l'alcool, donnent les azols correspondants; l'auteur a ainsi obtenu : 1° le thiazol

CH—S
‖ |
CH CH
\ //
N

bouillant à 116,8, ayant l'odeur de la pyridine. 2° l'α méthylthiazol d'Arapides, odeur de picoline, et 3° l'α phénylthiazol C_9H_7SN, déjà décrit aussi par Arapides; les sels de ce dernier cristallisent facilement mais sont décomposés par l'eau.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

Séance du 5 juin 1889.

F.-A. Forel. Échantillons de la Nouvelle-Zélande. — Forel. Moraine sous-lacustre d'Yvoire. — Forel. Brises lacustres. — Jean Dufour. Monstruosité chez un Silene pendula. — L. Favrat. Cephalaria salicifolia. — Renevier. Géologie de l'Algérie. — Henri Dufour. Orage du 2 juin à Lausanne. — E. Chuard. Acide azotique dans l'eau de pluie. — H. Brunner. Synthèse des sulfures doubles des métaux alcalins et des métaux du groupe du fer.

M. F.-A. Forel présente quelques objets qui lui ont été envoyés par M. Suter-Næf, de Zurich, actuellement à Hastwell, en Nouvelle-Zélande, entre autres :

Un bel échantillon de *Néphrite* noble, provenant de l'île du Sud. M. Forel en a détaché un fragment et l'a taillé sous forme d'une hache polie ; en l'usant sur une meule dormante, d'après les procédés antiques, il a employé pour cette taille plus de 8 heures de travail effectif.

Un échantillon de *sable ferreux titanifère* de New-Plymouth, dont il fait don au musée de minéralogie; etc., etc.

M. Forel a confirmé par de nouveaux dragages, l'existence de la *moraine sous-lacustre d'Yvoire*. La barre qui sépare le Grand-lac et le Petit-lac a été vérifiée par les sondages des ingénieurs suisses et français pour l'établissement

de la carte hydrographique du lac; son point culminant est sur le détroit de Nernier à Promenthoux. Les moraines sous-lacustres, qui sont connues par les pêcheurs comme étant d'excellentes frayères des Ombles-chevalier, sont situées notablement plus à l'est, devant le village d'Yvoire.

M. Forel annonce à ce propos que le *lever de la carte hydrographique* du Léman vient d'être terminé; sur les eaux suisses, M. Hörnlimann du bureau topographique fédéral a levé en 1888 la partie comprise entre St-Sulpice et Rolle, en 1889 celle de Rolle à Genève; sur les eaux françaises, M. Delebecque, ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement de Thonon, assisté de MM. Garcin et Magnin, a fait le même travail en 1887 et 1888.

M. Forel revient sur la discussion soulevée dans la séance du 1er mai par la communication de M. le Dr Julius Müller de Brugg ; il montre que les brises observées sur le lac Léman, et en particulier à Morges, sont bien des *brises lacustres* et non des brises de montagne. Après avoir exposé la théorie de ces deux types de brises d'après J. Hann de Vienne, il se fonde :

Sur la fréquence des brises à Morges, leur intensité et leur durée ;

Sur les conditions défavorables de cette station pour la production de brises de montagne ;

Sur les caractères des brises de Morges, et en particulier sur le lieu de leur début qui en fait des vents de refoulement ;

Sur l'heure du début des brises de Morges.

Il expose les faits de la température du lac comparée à celle de la terre ferme, et, considérant l'étendue considérable du bassin aquatique, il affirme qu'il doit avoir une action sur les mouvements locaux de l'atmosphère.

Enfin il signale les brises locales observées dans les autres régions du lac, et qui s'expliquent par le même mécanisme.

M. Jean Dufour présente un pied de *Silene pendula* affecté d'une singulière *monstruosité*. Les pétales et les sépales sont

transformés en petites feuilles vertes; les étamines sont rudimentaires, les ovaires plus ou moins normaux. Dans quelques fleurs, la fécondation a pu s'accomplir, grâce à la conservation des stigmates. Il sera curieux de suivre l'évolution des graines et de voir si elles reproduiront des plantes monstrueuses l'année prochaine.

M. le prof. L. Favrat fait circuler un exemplaire de *Cephalaria salicifolia*, nouvelle espèce de plante découverte dans les montagnes du nord de la Syrie.

M. le prof. E. Renevier entretient ensuite la Société de son *dernier voyage en Algérie* et donne des indications sur la géologie et la topographie du pays en accompagnant son exposé d'un grand nombre de photographies. M. Renevier parle aussi de la *formation des dunes* dans le désert et donne des détails intéressants sur la constitution du sol algérien et sur les fossiles qu'il renferme.

M. Henri Dufour, prof., donne quelques renseignements sur *l'orage du 2 juin* qui a causé tant de dégâts à Lausanne et aux environs. D'après les observations faites au Champ-de-l'Air la quantité d'eau tombée pendant l'orage de 5 h. 10 m. à 6. h. 15 m. s'est élevée à 56^{mm}5, c'est une chute d'une densité absolument exceptionnelle dans nos contrées.

Elle représente la condensation de 84700 mètres cubes d'eau sur la région comprise entre la gare et le quartier de le Barre et entre la place Chauderon et le Champ-de-l'Air. Les variations de la température ne sont pas moins considérables : le thermomètre marquait en effet à 3 h. : 29°.1 ; à 4 h. : 26°.8 ; à 4 h. 30 m. : 25°.2; à 5 h. 15 m. : 13°.3; c'est une variation de 11°.9 en 45 minutes.

Une grêle abondante a accompagné la chute de pluie, la température de la grêle observée à Lausanne était — 0°.6 pendant la chute ; les grêlons à Lausanne n'ont pas été de très grandes dimensions, leur poids atteignait environ 0 gr. 5, ils ont été beaucoup plus gros au Mont ; M. le prof.

Oetli en a pesé 11 dont le poids moyen était 2 gr. 7, ces grêlons de forme lenticulaire avaient 26^{mm} de diamètre.

M. Dufour signale à propos de chute de pluie d'une intensité extraordinaire une observation de M. Gauthier, prof., qui a mesuré le 23 mai 1889 37^{mm} 5 d'eau tombée en 40 minutes, une chute pareille durant une heure donnerait 56^{mm} 3 soit presque la chute du 2 juin.

M. E. Chuard, prof., a dosé l'*acide azotique dans l'eau de pluie* recueillie à l'Observatoire du Champ-de-l'Air pendant l'orage du 2 juin, soit de 5 à 6 h. du soir. La quantité trouvée a été de 10,5 milligr. d'acide azotique anhydre (N_2O_5) par litre d'eau. La pluie recueillie dès 7 h. du soir ne renfermait plus de N_2O_5.

La hauteur d'eau tombée étant de 56,5 millimètres, il en résulte que sur une surface de un mètre carré la pluie tombée (litres 56,5) renfermait 588 milligr. d'acide azotique. Sur l'hectare, la quantité est de 5 kil. 880 gr. ce qui correspond à 1 kil. 524 gr. d'azote nitrique. La proportion habituelle d'acide azotique dans les eaux de pluie étant de 0,5 à 2 milligr, par litre, la chute du 2 juin peut être considérée comme exceptionnellement riche, eu égard surtout à l'énorme volume d'eau tombée. Si quelques observateurs ont en effet déjà constaté une teneur de 10 mgr. et même 16 mgr. d'acide azotique par litre d'eau de pluie (ce dernier chiffre ne paraît pas avoir été dépassé), ces constatations portaient sur des pluies d'orage dont l'abondance n'était pas comparable à celle de la pluie du 2 juin. Celle-ci peut être notée comme l'une des chutes qui ont entraîné les quantités absolues les plus fortes de combinaisons azotées.

M. le prof. H. Brunner a recherché la *synthèse des sulfures doubles des métaux alcalins et des métaux du groupe du fer*, dont on ne connaît jusqu'ici qu'un seul, le sulfure double de fer et de potassium FeS.SK, qu'on obtient par chauffage du fer en poudre avec le carbonate de potassium et le soufre. M. Brunner a réussi à obtenir ces composés en calcinant les oxalates des métaux du groupe du fer avec de l'hyposulfite de sodium.

C'est ainsi qu'il a d'abord obtenu le sulfure double de fer et de sodium, en beaux cristaux prismatiques, rouge bronzé. Puis le sulfure de chrome et de sodium, sous forme d'une masse rouge brun, qui se dédouble par les acides en chlorure chromique, soufre et hydrogène sulfuré. Enfin les sulfures doubles de manganèse et sodium (verdâtre) et ceux de cobalt et sodium, nickel et sodium, qui constituent des masses cristallines jaunes, à éclats métalliques, facilement oxydables à l'air.

En partie, ces sulfures doubles se forment aussi en calcinant les carbonates alcalins avec le soufre et les oxalates.

Pour le sulfure double de chrome et potassium, M. Brunner a employé l'oxalate double de chrome et potassium. Des analyses quantitatives de ces nouveaux produits sont en voie d'exécution.

Ce travail est une première application d'une méthode synthétique nouvelle, qui repose sur les *formations de combinaisons inorganiques par l'intermédiaire de combinaisons organiques*. Cette méthode a fourni d'autres résultats sur lesquels l'auteur reviendra.

Séance du 19 juin.

H. Blanc. Essais de pisciculture. — H. Dufour et de Palézieux. Arc-en-ciel. — A. Brunner. Nouvelle méthode de synthèse organique. — L. Gauthier. Température moyenne de la vallée de Joux. — L. Favrat. Quelques hybrides nouveaux. — Félix Roux. Moulage. — Golliez. Tortues fossiles. — F.-A. Forel. Eaux troubles sur les bords du lac Léman par la bise.

M. le prof. H. Blanc fait part à la Société des *essais de pisciculture* entrepris à la station agricole du Champ-de-l'Air avec des œufs de truite du lac (*Trutta lacustris*). — Le 28 novembre 1888, 3000 œufs fécondés suivant la méthode russe par M. Baum à la pisciculture de l'Aubonne étaient mis en incubation dans un appareil Schuster, appelé aussi appareil californien et alimenté par l'eau du lac de Bret. A partir de ce jour, les œufs soigneusement couverts furent maintenus dans une obscurité complète, la température de

l'eau prise régulièrement et le nombre d'œufs mauvais enlevés, soigneusement noté à chaque visite. Le 19 avril 1889 seulement avait lieu l'éclosion générale et le 8 mai les alevins avaient leur vésicule ombilicale résorbée. La température moyenne de l'eau circulant dans l'appareil ayant été de 4°,8 la durée de l'alevinage a donc duré 160 jours. En comparant ces chiffres avec ceux fournis par divers établissements du canton, il résulte que si l'abaissement de température de l'eau retarde l'éclosion, ce que l'on savait depuis longtemps, l'influence de la lumière sur les embryons en élevage étudiée déjà par des pisciculteurs émérites, n'est pas suffisamment connue.

A Moudon, avec une température de 2°,3, l'éclosion a eu lieu au bout de 145 jours.

Au Champ-de-l'Air, avec une température de 4°,8, l'éclosion a eu lieu au bout de 160 jours. Différence de 15 jours due à l'élevage opéré dans une obscurité complète.

Or il y a de sérieux avantages à prolonger l'incubation des œufs de truite : 1° l'éclosion n'ayant lieu qu'au mois d'avril ou de mai, les alevins mis en ruisseau trouveront plus facilement leur nourriture qu'en février ou en mars, époque à laquelle elle a lieu très souvent dans la nature et dans beaucoup d'établissements de pisciculture. 2° Le développement étant ralenti, il est reconnu que les alevins sont plus vigoureux. 3° Il y a peu ou point de monstruosités à signaler.— Eau froide pour alimenter l'appareil à incubation, le maintien de celui-ci dans l'obscurité complète *pendant toute la durée de l'élevage,* voilà donc les conditions nécessaires pour assurer un sort heureux aux alevins livrés à eux-mêmes.

M. Henri Dufour communique au nom de M. Gérard de Palézieux une observation d'*arc-en-ciel* faite par lui le 10 juin et qui présente plusieurs caractères exceptionnels.

Le phénomène était observé depuis la gare de Rivaz, les deux arcs ordinaires se réfléchissaient en partie dans le lac très calme entre Rivaz et Vevey, à côté de ces arcs ordinaires et de leurs images on voyait encore deux fragments d'arcs exceptionnels, l'un partant de la base de l'arc primaire

traversait obliquement la zone sombre comprise entre les arcs et coupait le second à une certaine hauteur. Cet arc avait la même distribution de couleurs que l'arc intérieur. De la base de l'arc extérieur partait également une branche ascendante parallèle à la précédente et colorée comme l'arc extérieur, enfin les images de ces arcs se réfléchissaient aussi dans l'eau.

Le phénomène s'explique aisément en supposant que ces arcs exceptionnels sont produits par les rayons solaires réfléchis à la surface très calme du lac. On connaît quelques cas analogues, mais il est rare qu'ils soient aussi nets.

M. le prof. Brunner rapporte sur une *nouvelle méthode de synthèse organique* qui repose sur l'emploi de l'acide hydrosulfureux H_2SO_2, cet agent réducteur puissant qui n'a jamais été employé encore pour les synthèses organiques. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont des plus réjouissants et ouvrent un immense champ d'études.

M. Brunner a fait agir l'acide hydrosulfureux jusqu'à présent sur des nitro dérivés aromatiques, des aldéhydes, kétones et acides toujours avec succès : En faisant agir sur le nitrobenzol l'acide hydrosulfureux à l'état naissant, en dissolvant le nitrobenzol dans l'alcool, en saturant par l'acide sulfureux le liquide et en y introduisant de la poussière de zinc, il a obtenu un sel de zinc soluble dans l'alcool qui cristallise en petits prismes et dégage avec les acides de l'acide sulfureux. Sa formule répond au sel de zinc basique de l'acide amidobenzoldisulfinique : $C_6H_3\begin{cases} SOOZnOH \\ NH_2 \\ SOOZnOH \end{cases}$

En chauffant ce sel il se forme une belle matière colorante rouge. Le même acide semble aussi se former en chauffant en tubes scellés à 250° une dissolution alcoolique d'acide sulfureux avec du nitrobenzol.

Guidé par l'idée que, dans les plantes les réductions se passent en dissolutions acides, M. Brunner a employé l'acide sulfureux pour étudier son action sur les acides gras tout d'abord :

En faisant agir l'acide sulfureux (dissolution aqueuse saturée) mélangé de 10 % d'acide formique sur la poussière de zinc, et en filtrant et laissant cristalliser, il se forme un sel de zinc qui avec les acides aqueux dégage de l'hydrogène sulfuré et de l'acide sulfureux avec l'acide sulfurique concentré les mêmes gaz et ensuite de l'aldéhyde formique. Ce dernier corps semble encore exister comme tel car la combinaison réduit le sublimé corosif en calomel, le nitrate d'argent en argent métallique, il forme avec le perchlorure de fer un liquide rouge.

(Une partie de l'acide formique semble se transformer en acide tartrique.) Un phénomène caractéristique s'est présenté en voulant déterminer le soufre : Après avoir fondu la substance avec du nitre et de la soude, le chlorure de baryum ne donne pas de précipité de sulfate de baryum, lorsqu'on ajoute ensuite du nitroprussiate de sodium, il se produit une superbe couleur jaune de chrome et au bout de quelque temps un précipité blanc cristallin. Calciné avec du sodium métallique, la même réaction se produit, tandis que lorsqu'on chauffe le sel de zinc sur une lame d'argent avec de la potasse caustique il se forme du sulfure d'argent. Cette réaction particulière est d'autant plus remarquable que le sel homologue, obtenu par action de l'acide hydrosulfureux sur l'acide acétique et qui cristallise en cristaux prismatiques, présente toutes les réactions du soufre.

M. Brunner se réserve d'étudier ce domaine et de chercher l'effet de l'acide hydrosulfureux sur les acides gras, les acides des fruits, les alcools, aldéhydes et kétones ainsi que sur les sucres et autres hydrates de carbone et autres dérivés aromatiques (nitro et nitroso dérivés, alcools, acides).

M. Brunner fait ensuite remarquer que l'aldéhyde et l'acétone réagissent déjà en dissolution aqueuse et à la température ordinaire avec l'acide sulfureux. — Il se réserve aussi ce domaine.

M. le prof. Renevier donne lecture de quelques extraits de sa *notice biographique sur Philippe de la Harpe* (voir aux mémoires).

M. L. Gauthier entretient la Société de la *température moyenne de la vallée de Joux* en comparant ses observations avec celles de M. Antoine Lecoultre faites de 1864 à 1866. Il donne des détails sur la foliaison du marronnier, le retour des hirondelles et des alouettes, la complète disparition des glaces sur le lac de Joux, etc. (Voir aux mémoires.)

M. le prof. L. Favrat présente *quelques hybrides nouveaux* ainsi que d'autres plantes curieuses du canton (voir son mémoire).

M. Félix Roux montre à la Société *le moulage en carton-pierre de la poitrine et de l'épaule d'un veau* découpées suivant les règles de la boucherie lausannoise. Les différentes pièces se démontent facilement au moyen de crochets et chaque morceau peut être étudié séparément. Ce travail dont l'exécution a pris plus de six mois a été fait par M. Engel, mouleur à Lausanne.

M. Golliez présente à la Société de remarquables exemplaires de *tortues fossiles* trouvées dans le langhien de la Borde.

Il y a près d'un an que M. Golliez avait eu l'occasion d'entretenir notre Société d'un échantillon superbe, on peut dire unique, d'une *Cistude* trouvée dans les fouilles de la mollasse en face les abattoirs et habilement restaurée par M. Lugeon. Cette *Cistude* constituait une espèce nouvelle que M. Golliez a appelée *C. Portisi.*

Dès lors un heureux hasard a fait découvrir quelques nouveaux exemplaires de tortues dans le même gisement. Deux ont été remises à M. le Dr Kunz par les ouvriers, deux autres à M. Lugeon. L'une de ces quatre est en fort mauvais état; les trois autres après une longue et pénible restauration sont de beaux échantillons.

Un exemplaire se rapporte au *C. Portisi* et vient ainsi corroborer la nouvelle espèce créée par M. Golliez; et, comme on a affaire ici à un exemplaire jeune, montrant ses sutures osseuses, la description des caractères pourra être complète.

M. Golliez ajoute que l'étude des dites pièces osseuses le confirme dans sa précédente appréciation. Un second exemplaire se rapporte à la *Cistudo Razoumowski* (Pictet et Humbert). Comme le seul exemplaire connu jusqu'ici de cette espèce et déposé dans notre musée, est très incomplet, la nouvelle trouvaille vient admirablement compléter nos renseignements.

Enfin le troisième échantillon paraît être encore une *espèce* nouvelle, tant par ses formes générales, que par ses pièces diverses, osseuses et cutanées. M. Golliez se réserve d'y revenir dans une plus ample étude et avec plus de documents. C'est également une *Cistude*, dont l'ensemble rappelle un peu l'*Emys Laharpi* mais avec une autre disposition des pièces osseuses; avec des pièces costales plus étroites et plus longues ce qui donne une carapace plus bombée.

Il ne sera pas sans utilité de remarquer que ces tortues ont toutes été trouvées dans un banc dépourvu d'autres fossiles et surtout de plantes. Les conclusions qu'on en peut tirer ne sont pas sans importance.

M. F.-A. Forel décrit les *eaux troubles*, légèrement opalines, bleuâtres, qui apparaissent sur la côte nord du lac Léman entre Ouchy et Morges, sur une largeur de un ou deux kilomètres parallèles à la rive, quand en été il souffle une bise intense et prolongée. Il les attribue aux eaux troubles du Rhône, qui se répandent normalement dans les couches inférieures et moyennes du lac, suivant leur température et leur charge d'alluvion impalpable, et qui sont amenées à la surface par le courant ascendant qui, à la côte sur le vent, réunit le courant profond de retour avec le courant de surface causé par les frottements du vent sur le lac.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 7 juin 1889.

E. Bucher. Oxydation de la p-tolylbenzylkétone. — A. Pictet et R. Bunzl. Action du chlorure de zinc sur l'ethylacétanilide. — S. Levy, A. Curchod et F.-C. Witte. Tétrachloracétone et tétrachlorodiacétyle. — S. Levy et A. Curchod. Action du perchlorure de phosphore sur l'éther succinylsuccinique. — S. Levy et E. Sidler. Action de l'éther acétacétique sur la toluquinone. — C. Græbe. Synthèse de l'euxanthone. Préparation du chloranile.

M. E. Bucher s'est occupé de l'oxydation de la *p-tolylbenzylkétone* de Mann. Il a constaté que les agents oxydants usuels, l'acide nitrique par exemple, produisent une scission de la molécule. On arrive à de meilleurs résultats en préparant les dérivés bromés de la kétone et en les décomposant par l'eau à 180°.

En traitant par le brome une solution de tolylbenzylkétone dans le sulfure de carbone, M. Bucher a obtenu les cinq dérivés suivants :

$C_6H_5—CHBr—CO—C_6H_4—CH_3$	Point de fusion	79°
$C_6H_5—CBr_2—CO—C_6H_4—CH_3$	»	128°,5
$C_6H_5—CBr_2—CO—C_6H_4—CH_2Br$	»	127°
$C_6H_5—CBr_2—CO—C_6H_4—CHBr_2$	»	120°
$C_6H_5—CBr_2—CO—C_6H_4—CBr_3$	»	124°

Chauffé en tubes fermés avec de l'eau, le dérivé dibromé a fourni la dikétone $C_6H_5—CO—CO—C_6H_4—CH_3$, sous la forme d'une huile jaune.

Le dérivé pentabromé, soumis au même traitement, a donné naissance à l'acide dikétonique $C_6H_5—CO—CO—C_6H_4—COOH$, fusible vers 300°.

M. R. Bunzl communique les résultats de recherches qu'il a faites avec M. A. Pictet sur les produits de la *condensation de l'éthylacétanilide* sous l'influence du chlorure de zinc. Ces deux corps réagissent à une température voisine de 220° et fournissent un produit liquide constitué principalement par le mélange de deux bases, l'une primaire, l'autre tertiaire; ces deux corps ont été facilement séparés par l'anhydride acétique.

La base tertiaire possède toutes les propriétés de la *quinaldine*. La formation de ce corps par déshydratation de l'éthylacétanilide ne peut s'expliquer que si l'on admet chez cette dernière une transposition d'atomes qui la transformerait d'abord en acétyl-o-amido-éthylbenzol; celui-ci perdrait ensuite une molécule d'eau et deux atomes d'hydrogène, comme cela a lieu dans un grand nombre de synthèses pyridiques et quinoliques, et fournirait la quinaldine d'après les équations suivantes :

$$C_6H_5—N<\begin{matrix}CH_2—CH_3\\CO—CH_3\end{matrix} = C_6H_4<\begin{matrix}CH_2—CH_3\\NH—CO—CH_3\end{matrix}$$

$$= C_6H_4\left\langle\begin{matrix}CH—CH\\ | \qquad \| \\ N — C — CH_3\end{matrix}\right. + H_2O + 2H$$

Cette interprétation de la réaction est confirmée par la nature de la base primaire qui se forme à côté de la quinaldine. Celle-ci constitue en effet le *p-amido-éthylbenzol*. Il semble donc évident que l'éthylacétanilide se transforme, sous l'influence du chlorure de zinc à 220°, en un mélange des deux acétamido-éthylbenzols isomères; le dérivé *ortho* se condense en fournissant de la quinaldine, le dérivé *para* est saponifié par l'eau qui se dégage dans cette condensation.

M. A. Curchod expose quelques nouveaux résultats obtenus dans l'étude de la *tétrachloracétone* et du *tétrachlorodiacétyle*, qu'il poursuit avec MM. S. Levy et F.-C. Witte[1].

La composition du *nitrile de l'acide tétrachloroxyisobutyrique,*

$$(CHCl_2)_2 = COH—CN,$$

a été confirmée par l'analyse de son dérivé acétylé, qui cristallise en tables fusibles à 45-47°.

Ce nitrile, saponifié par l'acide sulfurique, fournit l'amide correspondante; celle-ci se convertit à son tour, lorsqu'on la chauffe pendant 4 jours à 110° avec 6 ou 8 fois son poids d'acide chlorhydrique, en *acide tétrachloroxyisobutyrique*,

$$(CHCl_2)_2 = COH—COOH.$$

Extrait par l'éther du produit de la réaction, sous la forme d'une huile jaune brun, cet acide ne tarde pas à cristalliser dans le vide. Ses sels de potassium et de cadmium ont été préparés.

L'amide tétrachloroxyisobutyrique, traitée à froid par une solution étendue de soude caustique, fournit le corps

$$\underbrace{CHCl—C}_{O}<^{CHCl_2}_{CONH_2}$$ (aiguilles incolores fusibles à 127°.)

M. F.-C. Witte ajoute à la communication précédente que le *tétrachlorodiacétyle* se combine avec l'éthylène-diamine pour former un corps fusible à 222-223°, auquel on doit attribuer la formule suivante :

$$\begin{array}{l} CHCl_2—CO—CO—CHCl—NH—CH_2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ CHCl_2—CO—CO—CHCl—NH—CH_2. \end{array}$$

Avec l'ammoniaque il forme un composé analogue,

$$CHCl_2—CO—CO—CHCl—NH_2,$$

[1] *Archives,* XXI, 371.

qui cristallise dans le benzol en aiguilles incolores et fond à 127°.

La cyanhydrine du tétrachlorodiacétyle, saponifiée par l'acide chlorhydrique à 100°, a fourni :

1° Une petite quantité d'un acide qui a très probablement la formule :

$$\begin{matrix} COOH \\ CHCl_2 \end{matrix} > COH---COH < \begin{matrix} COOH \\ CHCl_2 \end{matrix}$$

2° L'imide de cet acide.

$$\begin{matrix} CHCl_2—COH—CO \\ | \\ CHCl_2—COH—CO \end{matrix} > NH$$ (point de fusion 239-240°.)

Le dérivé triacétylé de cette imide cristallise en aiguilles fusibles à 176-177°.

L'étude de ces corps sera poursuivie.

M. S. Levy a continué avec M. A. Curchod le travail qu'il avait commencé avec M. Andreocci[1] sur l'*action du perchlorure de phosphore sur l'éther succinylsuccinique.*

A côté de l'acide p-dichlorodihydrotéréphtalique, $C_6H_4Cl_2(COOH)_2$, déjà décrit, il se produit dans cette réaction l'*acide p-dioxytéréphtalique* de Herrmann, $C_6H_2(OH)_2(COOH)_2$. Il résulte de ce fait que le perchlorure de phosphore agit de deux manières différentes sur l'éther succinylsuccinique : il se comporte vis-à-vis de ce corps comme agent chlorurant et comme agent déshydrogénant.

Le perchlorure de phosphore exerce également une action déshydrogénante sur l'acide p-dichlorodihydrotéréphtalique et sur son éther méthylique; il convertit le premier en *chlorure de l'acide p-dichlorotéréphtalique*, $C_6H_2Cl_2(COCl)_2$ (cristaux monosymétriques fusibles à 80,5-81°), et le second en *p-dichlorotéréphtalate de méthyle* (point de fusion 136°).

L'amide de l'acide p-dichlorotéréphtalique, préparée par l'action de l'ammoniaque sur le chlorure, cristallise dans

[1] *Archives,* XVIII, 562; XIX, 566.

l'eau en aiguilles incolores qui ne sont pas encore fondues à 300°.

Traité par l'amalgame de sodium, l'acide p-dichlorodihydrotéréphtalique est instantanément réduit. MM. Levy et Curchod ont retiré du produit de cette réaction l'acide dihydrotéréphtalique (1,4) de Bæyer et l'acide salicylique.

M. S. Levy parle ensuite de deux acides isomériques, de la formule $C_{13}H_{14}O_4$, qu'il a étudiés en collaboration avec M. E. Sidler, et qui se forment par *condensation de l'éther acétacétique et de la toluquinone* en présence du chlorure de zinc.

Ces deux acides ont été séparés par la ligroïne. Le premier, qui est insoluble dans ce dissolvant, peut être purifié par cristallisation dans l'acétone, et fond à 173°. Il est facilement saponifié par la soude aqueuse, en fournissant un acide $C_{11}H_{10}O_4$ en petites aiguilles incolores qui ne sont pas encore fondues à 300°. L'éther méthylique de cet acide fond à 184-186°.

Le second acide, qui est soluble dans la ligroïne, cristallise dans l'acétone en aiguilles fusibles à 133-134°. Il n'est pas saponifié par la soude aqueuse, mais bien par la soude alcoolique, qui le transforme en un acide $C_{10}H_8O_4$ peu stable.

MM. Levy et Sidler continuent l'étude de ces acides dans le but d'en établir la constitution.

M. le prof. Græbe annonce qu'il a réussi à préparer artificiellement l'*euxanthone*. Les essais de synthèse de cette belle matière colorante retirée du *jaune indien*, n'avaient pas abouti jusqu'à présent parce que l'étude analytique de ce corps n'avait pas été suffisamment approfondie. En reprenant ces recherches, M. Græbe a constaté que l'euxanthone dérive à la fois de l'hydroquinone et de la résorcine. Guidé par cette indication, il a pu en opérer la synthèse en chauffant avec de l'anhydride acétique un mélange d'acide hydroquinone-carbonique et d'acide résorcylique, et en distillant le produit. L'euxanthone ainsi obtenue est en tous points identique à celle que l'on retire du jaune indien.

M. Græbe rappelle comment cette matière colorante est préparée dans les Indes. On la retire de l'urine de vaches nourries avec les feuilles du *mango*; c'est donc dans ces feuilles que l'on devra rechercher la substance qui dans l'organisme animal se transforme en euxanthone. Cette dernière, combinée avec l'acide glycuronique et avec le magnésium, constitue le jaune indien.

M. Græbe entretient ensuite la Société de la *préparation du chloranile.* On prenait jusqu'à présent le phénol pour point de départ de cette opération; celle-ci était des plus désagréables à cause de l'odeur des phénols chlorés qui se formaient comme produits intermédiaires. On évite absolument cet inconvénient en utilisant pour la préparation du chloranile l'action du chlorate de potasse et de l'acide chlorhydrique sur la para-phénylène-diamine. A. P.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JUIN 1889

Le 2, tonnerres à l'E. à 4 h. du soir; depuis 4 h. 20 m. du soir éclairs et tonnerres, principalement au S., au SSO. et à l'O. Les éclairs continuent au N. à 10 h. du soir.

4, forte bise de 10 h. du matin à 9 h. du soir.

5, forte bise à 10 h. du matin.

6, couronne lunaire à 9 h. du soir; éclairs au NO. depuis 10 h. du soir.

7, couronne lunaire à 9 h. du soir.

8, tonnerre à 11 h. 30 m. du matin; à midi 40 m. tonnerres au SE.; l'orage passe au NO. et dure jusqu'à 2 h. 35 m. du soir; éclairs à l'O. à la même heure.

9, vers minuit et demie éclairs au N. et à l'E. par un ciel clair; fort vent à 4 h. et à 9 h. du soir; à 4 h. 6 m. tonnerre à l'O.; éclairs au N. à 4 h. 25 m.; éclairs et tonnerres à l'O. à 8 h. 45 m. du soir.

12, fort vent à 4 h. du soir.

13, à 6 h. 47 m. du soir tonnerres au SSO; l'orage passe à l'ONO.

14, forte averse vers 3 h. du matin; de violentes averses se renouvellent dans la journée.

20, fort vent à 6 h. du soir; la pluie commence à 6 h. 15 m. du soir avec très fortes averses par moments. Eclairs et tonnerres depuis 6 h 18 m. du soir; l'orage vient de l'OSO. se dirigeant vers le NNO.; les tonnerres durent jusqu'à 8 h. 30 m. du soir; les éclairs continuent au N. jusqu'à 9 h. 25 m. du soir.

21, éclairs au N. à 10 h. du soir.

22, fort vent à 1 h. du soir; forte bise à 4 h. du soir.

23, de 10 h. à 10 h. 45 m. du matin orage à l'O. se dirigeant vers l'ESE.; violentes averses par instants. Plusieurs magasins des Rues-Basses sont inondés.

24, éclairs à l'ESE. depuis 10 h. du soir.

25, éclairs au N., à l'O. et au S. entre 9 h. et 10 h. du soir.

26, éclairs au S. et au SSE. depuis 9 h. 30 m. du soir.

27, de 11 h. 30 m. du soir du 26 à minuit et demie du 27 violent orage; éclairs et tonnerres dans toutes les directions; forte décharge électrique à 11 h. 50 m. du soir du 26; la foudre tombe en différents endroits du canton et plusieurs horloges électriques, entre autres celle de l'Observatoire, sont endommagées. Eclairs au SE. à 10 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm
Le 1 à 9 h. matin	726,98
4 à 8 h. matin	730,82
6 à 8 h. matin	728,61
15 à minuit	728,05
19 à 7 h. matin	727,22

MINIMUM.	mm
Le 2 à 4 h. soir	720,28
5 à 5 h. soir	726,85
9 à 5 h. soir	718,33
16 à 6 h. soir	723,90
20 à 5 h. soir	721,72

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+ °	°	cm
1	725,82	— 0,47	724,28	726,98	+19,62	+ 4,28	+12,2	+25,0	663	— 41	390	940	...	...	N. 1	0,50	16,5	+2,8	134,4
2	722,94	— 3,39	720,28	725,03	+20,27	+ 4,81	+13,8	+27,8	697	— 7	480	880	3,2	2	variable	0,68	...	.....	136,0
3	725,94	— 0,44	722,51	729,92	+13,99	— 1,59	+11,9	+17,0	856	+152	750	990	18,4	18	N. 1	1,00	15,9	+2,0	139,2
4	729,98	+ 3,56	729,14	730,82	+16,11	+ 0,41	+12,0	+20,0	779	+ 75	550	1000	...	...	NNE. 2	0,38	12,9	—1,2	143,5
5	728,21	+ 1,75	726,85	729,78	+17,53	+ 1,71	+13,6	+20,7	770	+ 66	670	890	...	...	NNE. 1	0,65	13,3	—0,9	143,9
6	727,55	+ 1,05	726,46	728,61	+20,61	+ 4,67	+13,2	+25,8	705	+ 1	460	890	0,1	...	variable	0,55	16,3	+2,0	145,0
7	727,64	+ 1,10	726,60	728,51	+20,42	+ 4,36	+14,0	+25,4	736	+ 32	550	880	...	...	variable	0,72	16,7	+2,3	145,5
8	725,75	— 0,83	724,58	726,82	+18,38	+ 2,21	+13,5	+26,0	795	+ 91	580	920	7,9	2	variable	0,58	17,5	+3,0	147,8
9	721,06	— 5,56	718,33	724,37	+18,70	+ 2,42	+11,1	+26,5	708	+ 4	480	930	0,0	...	SSO. 1	0,48	...	.....	149,5
10	720,37	— 6,29	718,94	723,21	+17,78	+ 1,39	+13,7	+22,5	660	— 43	430	800	0,1	...	variable	0,85	17,5	+2,7	151,0
11	722,85	— 3,85	721,59	723,50	+17,23	+ 0,73	+12,2	+22,7	754	+ 51	550	890	0,2	1	NNE. 1	0,78	15,5	+0,6	152,0
12	723,11	— 3,63	722,02	724,65	+16,81	+ 0,20	+12,8	+23,0	782	+ 79	620	910	2,6	2	SSO. 1	0,88	16,0	+1,0	152,7
13	723,86	— 2,92	723,11	724,85	+14,87	— 1,84	+ 8,8	+20,0	811	+109	620	990	8,6	6	variable	1,00	16,3	+1,2	151,0
14	725,93	— 0,88	724,44	727,97	+12,61	— 4,21	+10,6	+14,4	914	+212	830	990	49,3	21	S. 1	1,00	15,7	+0,5	151,9
15	727,50	+ 0,65	727,00	728,05	+12,51	— 4,41	+ 9,8	+16,6	931	+230	840	1000	14,9	7	NE. 1	1,00	...	.....	167,0
16	725,23	— 1,66	723,90	727,04	+16,55	— 0,47	+11,7	+21,8	770	+ 70	510	980	...	...	NNE. 1	0,48	...	.....	172,0
17	724,96	— 1,96	724,05	725,58	+17,31	+ 0,20	+11,8	+21,7	754	+ 54	580	970	...	...	NNE. 1	0,60	14,0	—1,5	174,0
18	726,12	— 0,84	725,57	727,07	+18,44	+ 1,23	+15,3	+21,6	741	+ 42	610	870	...	...	N. 1	0,52	17,5	+1,9	174,1
19	726,47	— 0,52	725,16	727,22	+18,98	+ 1,68	+13,2	+24,1	751	+ 52	550	890	1,2	1	N. 1	0,77	18,3	+2,6	171,5
20	724,62	— 2,41	721,72	726,97	+18,52	+ 1,13	+13,7	+24,5	793	+ 95	540	980	17,6	5	variable	0,82	17,5	+1,7	170,9
21	725,00	— 2,06	724,43	725,87	+18,28	+ 0,80	+13,7	+24,6	810	+113	580	970	1,1	3	variable	0,90	17,4	+1,4	173,4
22	725,29	— 1,80	724,49	726,09	+18,99	+ 1,42	+14,8	+25,6	781	+ 85	510	980	4,8	1	SSO. 1	0,73	17,1	+1,1	174,1
23	725,46	— 1,66	725,07	726,58	+17,35	— 0,30	+13,1	+21,9	845	+149	720	950	33,2	5	variable	0,98	...	.....	176,0
24	726,40	— 0,76	725,62	727,02	+18,76	+ 1,03	+12,9	+24,4	698	+ 3	410	930	...	...	N. 1	0,42	18,3	+2,1	178,2
25	726,36	— 0,83	725,45	727,04	+17,69	— 0,12	+11,3	+22,9	751	+ 57	550	890	0,2	...	variable	0,96	18,5	+2,1	179,8
26	726,49	— 0,73	725,39	727,24	+20,01	+ 2,13	+15,3	+24,3	762	+ 69	600	950	...	...	N. 1	0,90	19,5	+3,1	177,8
27	725,66	— 1,59	724,01	727,65	+17,53	— 0,43	+14,0	+22,5	831	+139	630	1000	20,3	10	N. 1	0,88	19,2	+2,7	178,6
28	726,79	— 0,49	724,73	729,33	+16,90	— 1,13	+13,9	+21,0	888	+197	800	980	11,0	10	variable	1,00	16,1	—0,5	180,3
29	730,02	+ 2,72	729,25	730,99	+18,36	+ 0,27	+14,1	+22,5	786	+ 95	560	970	0,1	...	N. 1	0,83	16,8	+0,1	182,7
30	731,62	+ 4,29	730,41	732,94	+18,70	+ 0,54	+13,7	+22,3	736	+ 46	540	900	...	...	N. 1	0,47	...	.....	184,0
Mois	725,83	— 1,36			+17,66	+ 0,85			775	+ 77						0,74	16,68	+1,34	161,93

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,90	725,71	725,96	725,85	725,28	724,70	725,05	725,77
2e »	725,42	725,10	725,25	725,11	724,79	724,32	724,82	725,71
3e »	726,81	726,63	727,05	727,10	726,89	726,59	726,80	727,39
Mois	726,04	725,81	726,09	726,02	725,65	725,20	725,56	726,29
				Température.				
	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+15,90	+14,40	+17,21	+19,76	+22,06	+21,26	+19,37	+16,76
2e »	+14,26	+13,25	+15,39	+17,24	+19,16	+19,37	+17,07	+15,33
3e »	+16,13	+14,79	+17,43	+19,61	+20,63	+20,62	+19,36	+17,49
Mois	+15,43	+14,15	+16,68	+18,87	+20,62	+20,41	+18,60	+16,53
				Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade	834	900	787	679	558	613	695	829
2e »	890	930	851	759	668	668	760	875
3e »	889	933	837	726	670	660	749	847
Mois	871	921	825	721	632	647	735	850

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	°	°	°		mm	cm
1re décade	+ 12,90	+ 23,67	+ 15,83	0,64	29,7	143,58
2e »	+ 11,99	+ 21,04	+ 16,35	0,78	94,4	163,71
3e »	+ 13,68	+ 23,20	+ 17,86	0,81	70,7	178,49
Mois	+ 12,86	+ 22,64	+ 16,68	0,74	194,8	161,93

Dans ce mois l'air a été calme 5,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,21 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 1°,9, O. et son intensité est égale à 28,9 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1889.

Le 1er, fort vent de 1 h. à 4. du soir.
2, fort vent à 1 h. du soir.
3, neige de 10 h. du matin à 1 h. du soir; elle fondait à mesure; forte bise depuis 1 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
4, forte bise jusqu'à 7 h. du matin; brouillard jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.
9, légère pluie à 4 h. du soir, puis brouillard.
10, pluie jusqu'à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; brouillard à 10 h du matin.
11, pluie jusqu'à 7 h. du matin et à 1 h. du soir; brouillard depuis 4 h. du soir.
12, brouillard jusqu'à 7 h. du matin, et de 4 h. à 7 h. du soir; légère neige à 10 h. du matin.
13, neige jusqu'à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; pluie à 1 h. du soir.
14, neige pendant tout le jour.
15, brouillard pendant tout le jour.
16, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.
19, pluie à 7 h. du soir.
20, légère pluie à 10 h. du matin.
21, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
22, brouillard à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir; légère pluie à 7 h. du soir.
23, brouillard à 1 h. du soir et depuis 10 h. du soir; légère pluie à 7 h. du soir.
24, pluie dans la nuit du 23 au 24; brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
25, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; pluie à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir; tonnerre et grêle pendant 10 minutes à 5 h. 30 m. du soir.
26, pluie à 4 h. du soir; brouillard depuis 10 h. du soir.
27, légère pluie à 7 h. et 10 h. du matin, ainsi qu'à 10 h. du soir; brouillard de 1 h. à 4 h. du soir.
28, brouillard pendant tout le jour; forte bise depuis 4 h. du soir.
29, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h du soir.
30, brouillard pendant tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 1 h. matin	569,65	Le 3 à 5 h. matin	563,18
6 à 11 h. soir	570,97	10 à 6 h. matin	562,20
12 à 9 h. soir	565,07	13 à 9 h. matin	563,95
15 à 1 h. soir	566,30	16 à 6 h. matin	564,98
19 à 10 h. soir	569,83	21 à 4 h. matin	565,83
22 à minuit	567,70	23 à 1 h. soir	565,63
26 à midi	569,62	28 à 1 h. matin	565,10
30 à 11 h. soir	571,96		

SAINT-BERNARD. — JUIN 1889.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	569,29	+ 3,61	568,98	569,65	+ 7,40	+ 4,73	+ 4,5	+10,3	.....	.....	....	SO. 1	0,03
2	566,65	+ 0,88	564,98	568,95	+ 5,94	+ 3,15	+ 2,8	+10,8	.....	.....	....	SO. 1	0,30
3	564,90	— 0,96	563,18	567,70	+ 0,67	— 2,23	+ 0,4	+ 4,3	.....	10,0	....	NE. 2	0,98
4	569,09	+ 3,15	567,75	570,10	+ 3,59	+ 0,58	+ 0,6	+ 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0,92
5	569,56	+ 3,54	569,21	570,50	+ 6,99	+ 3,87	+ 3,8	+10,8	.....	.....	....	SO. 1	0,52
6	570,49	+ 4,38	570,10	570,97	+ 8,62	+ 5,39	+ 4,6	+13,4	.....	.....	....	variable	0,15
7	570,41	+ 4,22	570,00	570,80	+ 8,87	+ 5,53	+ 4,9	+14,1	.....	.....	....	NE. 1	0,20
8	568,62	+ 2,35	567,53	570,00	+ 6,74	+ 3,29	+ 4,0	+12,0	.....	.....	....	SO. 1	0,38
9	565,00	— 1,35	563,20	567,15	+ 4,19	+ 0,64	+ 2,1	+ 8,3	.....	.....	....	SO. 1	0,82
10	563,53	— 2,90	562,20	563,79	+ 2,35	— 1,30	+ 0,7	+ 5,6	.....	10,0	....	SO. 1	0,87
11	564,34	— 2,17	563,70	565,02	+ 2,35	— 1,40	+ 1,3	+ 4,4	.....	4,7	....	SO. 1	0,98
12	564,67	— 1,92	564,15	565,07	+ 1,35	— 2,50	— 0,3	+ 3,5	.....	.....	....	SO. 1	0,85
13	564,36	— 2,31	563,95	564,90	+ 1,69	— 2,26	— 0,4	+ 4,5	.....	19,8	....	SO. 1	0,78
14	564,73	— 2,02	564,05	566,20	+ 1,02	— 3,02	— 0,7	+ 5,0	100	27,5	....	NE. 1	1,00
15	566,07	— 0,75	565,85	566,30	+ 1,49	— 2,64	— 0,2	+ 3,9	.....	.....	....	NE. 1	1,00
16	565,44	— 1,46	564,98	566,02	+ 3,59	— 0,63	+ 1,0	+ 6,9	.....	.....	....	NE. 1	0,63
17	565,90	— 1,07	565,30	566,75	+ 5,42	+ 1,11	+ 2,6	+ 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,45
18	567,71	+ 0,67	566,30	569,12	+ 7,05	+ 2,65	+ 3,6	+11,3	.....	.....	....	SO. 1	0,28
19	569,21	+ 2,10	568,95	569,83	+ 7,02	+ 2,53	+ 4,8	+10,8	.....	7,8	....	SO. 1	0,53
20	567,81	+ 0,63	566,35	569,60	+ 5,29	+ 0,71	+ 3,2	+ 7,9	.....	.....	....	SO. 1	0,75
21	566,62	— 0,63	565,83	567,63	+ 5,49	+ 0,83	+ 2,9	+ 9,4	.....	.....	....	NE. 1	0,70
22	567,25	— 0,07	567,00	567,70	+ 5,87	+ 1,13	+ 2,9	+10,7	.....	.....	....	NE. 1	0,72
23	566,15	— 1,24	565,63	567,20	+ 2,95	— 1,87	+ 1,9	+ 5,8	.....	.....	....	NE. 1	0,87
24	566,93	— 0,52	566,00	567,79	+ 4,72	— 0,18	+ 2,0	+ 7,4	.....	17,5	....	NE. 1	0,30
25	568,16	+ 0,65	567,80	569,07	+ 7,14	+ 2,16	+ 4,0	+10,4	.....	21,0	....	SO. 1	0,77
26	569,30	+ 1,73	568,85	569,62	+ 6,75	+ 1,70	+ 4,7	+ 9,4	.....	13,0	....	SO. 1	0,77
27	566,92	— 0,71	565,18	568,93	+ 3,84	— 1,28	+ 2,1	+ 6,5	.....	.....	....	variable	0,90
28	566,47	— 1,22	565,10	568,70	+ 3,04	— 2,15	+ 2,2	+ 4,8	.....	.....	....	NE. 2	1,00
29	569,72	+ 1,97	568,85	570,30	+ 4,35	— 0,91	+ 2,8	+ 6,6	.....	.....	....	NE. 1	0,97
30	570,98	+ 3,17	569,97	571,96	+ 3,60	— 1,73	+ 2,0	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	1,00
Mois.	567,21	+ 0,10			+ 4,65	+ 0,56							0,68

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUIN 1889.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	568,16	567,65	567,62	567,85	567,75	567,63	567,62	567,76
2e » ...	566,04	565,73	565,82	565,95	566,06	565,93	566,19	566,46
3e » ...	567,74	567,47	567,42	567,77	567,95	567,93	568,18	568,34
Mois	567,31	566,95	566,95	567,19	567,25	567,16	567,33	567,52

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	+ 4,37	+ 6,76	+ 8,38	+ 6,77	+ 5,17	+ 4,64
2e » ...	+ 2,31	+ 4,93	+ 6,22	+ 4,65	+ 3,64	+ 2,89
3e » ...	+ 3,78	+ 5,84	+ 6,68	+ 5,78	+ 5,00	+ 4,45
Mois	+ 3,49	+ 5,84	+ 7,09	+ 5,73	+ 4,60	+ 3,99

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	+ 2,84	+ 9,58	0,52	20,0	—
2e » ...	+ 1,49	+ 6,64	0,72	59,8	100
3e » ...	+ 2,75	+ 7,60	0,80	51,5	—
Mois	+ 2,36	+ 7,94	0,68	131,3	100

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,05 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 2.8 sur 100.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1888

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

A. KAMMERMANN

Astronome-adjoint à l'Observatoire de Genève.

La disposition générale du résumé actuel est restée la même que celle adoptée précédemment. Les observations directes ont continué, dans les deux stations, à être faites de 3 heures en 3 heures, à partir de 7 h. du matin jusqu'à 10 h. du soir.

Les observations barométriques sont complétées à Genève par deux barographes, l'un de Hipp enregistrant chaque heure la pression atmosphérique, et l'autre de Redier à enregistrement continu. Ils ont servi à compléter le cycle des observations tri-horaires durant la nuit, ainsi qu'à obtenir les maxima et minima de la courbe barométrique. Le barographe de Redier rend de très grands services pendant les orages, et permet d'étudier la

marche souvent si capricieuse de la pression pendant ces phénomènes.

Le thermographe de MM. Richard frères a continué à fonctionner à notre presque entière satisfaction; on a constaté cependant à une ou deux reprises des déplacements subits du 0, sans pouvoir en déterminer la cause. Les observations de 1 h. et de 4 h. du matin pour la température et le degré d'humidité ont été obtenues au moyen des thermomètres à renversement de Neyretti et Zambra; il est arrivé quelquefois que la colonne de mercure ne se brisait pas à l'endroit de l'étranglement, et que le thermomètre fournissait ainsi des températures inexactes. Dans ces cas on avait recours au thermographe Richard et dans une certaine mesure à l'hygromètre enregistreur des mêmes constructeurs. Nous ne pouvons que confirmer la paresse de la corne comme substance hygroscopique, et souhaitons vivement qu'elle soit remplacée par une substance plus sensible. Des essais entrepris par MM. Richard, et que ces habiles constructeurs ont eu l'obligeance de nous montrer, permettent d'espérer qu'un résultat satisfaisant sera atteint sous courte durée.

Les observations du Grand Saint-Bernard ont continué avec le même zèle que pour le passé, malgré les changements survenus parmi les observateurs. A M. Caruzzo a succédé comme prieur, M. Th. Bourgeois, nommé peu de temps après prévôt de l'ordre avec résidence à Martigny. Son successeur est M. le prieur Frossard. Nous avons à cœur de témoigner ici notre reconnaissance à ces Messieurs pour la conscience et le zèle qu'ils apportent à faire ces observations nombreuses, et le désintéressement absolu avec lequel ils les accomplissent.

Le seul instrument enregisteur installé au Saint-Bernard est un barographe de Hottinger, qui donne toutes les heures la hauteur barométrique. Il s'est arrêté à différentes courtes reprises, et le mouvement d'horlogerie qui n'avait pas été nettoyé depuis son installation, a dû être renvoyé à Genève le 27 août pour être réparé. Le barographe n'a pu être remis en marche que le 7 septembre, de sorte que les valeurs de 1 h. et 4 h. du matin, ainsi que les maxima et minima diurnes ont dû être interpolés. On aurait pu choisir différents modes d'interpolations, et entre autres celui des comparaisons avec la marche du barographe dans la station de la plaine. Nous avons préféré ne pas le suivre, car il y a soit un retard soit une accélération entre les deux stations de Genève et du Saint-Bernard pour la marche d'une dépression; puis les causes qui affectent un jour la marche de la courbe barométrique à Genève peuvent n'avoir aucune influence au Grand Saint-Bernard; nous ne citerons que les orages dont l'influence ne se fait guère sentir que dans la station de la plaine. Nous avons donc préféré le mode d'interpolation suivant qui tient compte de la marche moyenne de la pression atmosphérique. La différence de pression entre 10 h. du soir et 4 h. du matin a été divisée en trois parties égales, qui ont servi à donner des valeurs provisoires pour 1 h. et 4 h. du matin; ces valeurs ont ensuite été corrigées de quantités correspondant à la marche normale du baromètre, si l'on avait suivi ce même procédé pour les valeurs normales. Cette méthode laisse naturellement toujours à désirer, mais elle nous semble plus logique que toute autre qu'on aurait pu employer.

Les moyennes des 8 observations tri-horaires ont été regardées comme moyennes diurnes. Pour les observa-

tions thermométriques qui manquent la nuit au Saint-Bernard, on a eu recours à la méthode d'interpolation graphique indiquée dans le résumé de l'année 1884 pour obtenir la température moyenne des 24 heures.

L'année météorologique, qui s'étend de décembre à novembre, a été maintenue dans le résumé actuel pour avoir des tableaux homogènes à ceux qui ont été institués par E. Plantamour. Une seule exception a été faite pour le tableau qui donne la température de 5 en 5 jours. La température de l'année civile à Genève, n'est inférieure que de 0°,01 à celle de l'année météorologique, les mois de décembre 1887 et 1888 ayant comme température moyenne les valeurs +0°.94 et +0°,78. Cette différence est beaucoup plus forte au Saint-Bernard, les mois de décembre 1887 et 1888 ayant comme température moyenne les valeurs —11°,00 et —5°,04; l'année civile y est donc plus chaude de 0°,50 que l'année météorologique.

Les valeurs normales des différents éléments météorologiques sont empruntées pour Genève aux « Nouvelles études sur le climat de Genève, » par E. Plantamour. Elles sont les moyennes des 50 années d'observations de 1826 à 1875. Les valeurs normales pour le Grand Saint-Bernard sont formées par les moyennes des 27 années 1841 à 1867.

Les tableaux suivants donnent pour Genève la température de 3 en 3 heures à partir de 1 h. du matin. Le tableau des températures pour le Grand Saint-Bernard fournit les heures d'observation de 7 h. du matin à 10 h. du soir de 3 en 3 heures. Un dernier tableau donne les écarts entre la température de chaque mois et les moyennes précitées.

TEMPÉRATURE A GENÈVE 1888.

ÉPOQUE	1 h.m.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	
Déc. 1887.	+ 0,56	+ 0,22	– 0,30	+ 0,92	+ 2,86	+ 1,72	+ 0,97	+ 0,54	+ 0,94	– 1,80	+ 3,83
Janv. 1888	– 2,17	– 2,33	– 2,38	– 1,27	+ 0,74	+ 0,22	– 1,02	– 1,76	– 1,25	– 4,12	+ 1,72
Février . .	– 2,18	– 2,58	– 2,68	– 0,39	+ 2,40	+ 1,75	+ 0,07	– 1,27	– 0,61	– 4,09	+ 3,61
Mars . . .	+ 3,13	+ 2,20	+ 1,68	+ 4,66	+ 7,34	+ 6,40	+ 4,62	+ 3,73	+ 4,22	+ 0,07	+ 8,97
Avril . . .	+ 5,59	+ 4,72	+ 5.55	+ 7,78	+ 9,74	+ 9,85	+ 8,07	+ 6,65	+ 7,25	+ 3,60	+11,50
Mai	+11,80	+ 9,98	+12.29	+15,52	+17,94	+18,89	+16,55	+13,84	+14,60	+ 8,88	+20,22
Juin. . . .	+14,65	+13 04	+16.01	+18,54	+20,87	+21,17	+19,07	+15,84	+17,40	+11,98	+22,37
Juillet. . .	+14,55	+13,02	+14,99	+18,31	+19,73	+20,10	+17,90	+15,77	+16,80	+11,84	+22,36
Août . . .	+14,32	+12,79	+14,74	+18,53	+20,41	+20,96	+18,48	+15,56	+16,98	+11,44	+22,24
Septembre	+13,70	+12,87	+13,65	+16,83	+18,46	+18,88	+16,50	+14,61	+15,69	+11,48	+20,27
Octobre . .	+ 5,08	+ 4,06	+ 3,73	+ 8,50	+10,81	+10,54	+ 7,81	+ 5,86	+ 7,05	+ 2,32	+12,24
Novembre	+ 5,20	+ 4,33	+ 3,85	+ 6,38	+ 8,77	+ 7,51	+ 6,18	+ 5,33	+ 5,94	+ 2,30	+ 9,97
Hiver . . .	– 1,24	– 1,54	– 1,77	– 0,24	+ 1,99	+ 1,22	0,00	– 0,82	– 0,30	– 3,32	+ 3,04
Printemps	+ 6,86	+ 5,64	+ 6,52	+ 9,34	+11,69	+11,74	+ 9,76	+ 8,09	+ 8,71	+ 4,19	+13,58
Été	+14,51	+12,95	+15,24	+18,46	+20,33	+20,74	+18,48	+15,73	+17,05	+11,75	+22,48
Automne .	+ 7,96	+ 7,05	+ 7,04	+10,55	+12,66	+12,29	+10,14	+ 8,57	+ 9,53	+ 5,33	+14,14
Année . .	+ 7,04	+ 6,04	+ 6,78	+ 9,55	+11,69	+11,52	+ 9,62	+ 7,91	+ 8,77	+ 4,51	+13,34

Température au SAINT-BERNARD, 1888.

ÉPOQUE.	7h. m.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.	Température moyenne.
	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1887	-11,43	-10,35	- 9,78	-10,84	-11,35	-11,32	-11,00
Janvier 1888 . .	- 9,23	- 8,27	- 6,96	- 8,34	- 9,64	- 9,49	- 8,96
Février	-11,71	-10,41	- 8,96	-10,24	-11,71	-11,80	-11,11
Mars	- 9,62	- 7,51	- 6,35	- 7,21	- 8,99	- 9,33	- 8,57
Avril	- 5,91	- 3,72	- 3,19	- 3,95	- 5,65	- 6,29	- 5,26
Mai.	+ 0,33	+ 3,43	+ 4,41	+ 3,52	+ 1,13	+ 0,26	+ 1,49
Juin	+ 3,41	+ 5,39	+ 6,56	+ 5,42	+ 3,93	+ 3,06	+ 4,01
Juillet	+ 2,17	+ 4,79	+ 6,08	+ 5,96	+ 4,51	+ 3,28	+ 3,95
Août	+ 3,41	+ 6,59	+ 7,64	+ 7,40	+ 5,63	+ 4,75	+ 5,37
Septembre . . .	+ 2,73	+ 4,52	+ 5,41	+ 4,73	+ 3,65	+ 3,29	+ 3,73
Octobre	- 2,56	- 0,36	+ 0,86	- 0,26	- 1,34	- 1,89	- 1,37
Novembre . . .	- 4,58	- 3,34	- 2,14	- 3,59	- 3,91	- 4,27	- 3,90
Hiver	-10,77	- 9,66	- 8,56	- 9,80	-10,88	-10,85	-10,34
Printemps . . .	- 5,06	- 2,59	- 1,70	- 2,53	- 4,49	- 5,10	- 4,10
Été	+ 2,99	+ 5,59	+ 6,76	+ 6,27	+ 4,70	+ 3,70	+ 4,45
Automne	- 1,48	+ 0,27	+ 1,37	+ 0,29	- 0,55	- 0,97	- 0,52
Année	- 3,57	- 1,58	- 0,51	- 1,43	- 2,79	- 3,29	- 2,61

ÉPOQUE.	ÉCARTS. Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Différence entre les deux stations.
	°	°	°
Décembre 1887 .	+0,14	—3,41	+3,55
Janvier 1888....	—1,17	+0,08	—1,25
Février	—2,21	—2,50	+0,29
Mars	—0,38	—1,25	+0,87
Avril	—1,72	—1,99	+0,27
Mai	+1,40	+0,98	+0,42
Juin...........	+0,59	—0,08	+0,67
Juillet.	—2,01	—2,21	+0,20
Août	—0,93	—0,61	—0,32
Septembre......	+1,03	+0,41	+0,62
Octobre........	—2,83	—0,89	—1,94
Novembre......	+1,39	+1,40	—0,01
Hiver..........	—1,05	—1,94	+0,89
Printemps......	—0,21	—0,74	+0,53
Été............	—0,80	—0,97	+0,17
Automne.......	—0,17	+0,30	—0,47
Année	—0,57	—0,85	+0,28

Les écarts annuels de la température avec la normale sont négatifs dans les deux stations, de sorte que l'année 1888 peut être considérée comme froide, ainsi que sa devancière. A Genève l'écart dépasse presque du double l'écart probable de l'année; on ne compte que 5 mois, décembre, mai, juin, septembre et novembre, présentant des écarts positifs. L'année a été encore plus froide au Saint-Bernard; le déficit de la température atteint 0°,85.

Les quatre saisons présentent des écarts négatifs à Genève; mais celui de l'hiver est le plus fort, malgré un mois de décembre relativement chaud. Il dépasse de 0°,16 l'écart probable calculé d'après la moyenne des 50 années 1826 à 1875. Le mois de février a été particulièrement froid; l'écart atteint 2°,21 et dépasse de presque du double l'écart probable, qui est de 1°,34.

Tandis que le mois de décembre est plus chaud que de coutume à Genève, il fait un froid rigoureux au Saint-Bernard; la température est de 3°,41 trop basse. L'inverse a lieu pour le mois de janvier, froid dans la station de la plaine et chaud dans la montagne. Le mois de février est également rigoureux dans la station élevée. Le décroissement de température entre les deux stations au mois de décembre est le plus fort de l'année; il atteint 3°,55.

Les deux premiers mois du printemps, mars et avril, présentent des écarts négatifs, et pour ce dernier l'écart dépasse notablement l'écart probable. Il en est de même, mais en sens inverse, pour le mois de mai, qui a été trop chaud de 1°,40, dépassant de 0,19 l'écart probable.

Parmi les mois d'été, juin est le seul à présenter un écart positif. Le mois de juillet, ordinairement le plus chaud de l'année, présente un déficit de température de

2°,01, et sa température moyenne est inférieure à celle de juin, qui est le plus chaud de l'année.

Deux des mois d'automne, septembre et novembre, ont des écarts positifs qui dépassent tous deux l'écart probable d'une petite quantité; malgré cela la saison reste froide, le mois d'octobre ayant été particulièrement rigoureux. Son écart dépasse de près de quatre fois l'écart probable. Le mois d'octobre de l'année précédente avait été encore plus froid, sa température s'étant abaissée à 6°,71.

Nous rencontrons au Saint-Bernard une saison chaude, l'automne; les trois autres, ainsi que l'année présentent des écarts négatifs. Le décroissement de température est fort entre les deux stations surtout en hiver et au printemps; l'automne seul a été plus chaud au Saint-Bernard qu'à Genève. La station de la plaine a été plus chaude dans l'année de 0°,28 que celle de la montagne.

Les tableaux suivants renferment, sous la même forme que dans les résumés antérieurs, les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température.

A Genève, le jour plus froid, —9°,55, tombe sur le 30 janvier, et le jour le plus chaud, +24°,16, sur le 5 juin, ce qui nous donne une amplitude d'oscillation de 33°,71. Cette date avancée du jour le plus chaud est très remarquable, et ne s'est probablement pas présentée précédemment. Le plus fort écart négatif de température, —9°,87, a eu lieu le 30 janvier, jour le plus froid de l'année; le plus fort écart positif, +9°,91, s'est produit le 10 décembre 1887; la température moyenne de ce jour-là était de +11°,13, température assignée par les valeurs normales au 9 octobre ou au 1er mai. La diffé-

rence entre le mois le plus froid, janvier, avec —1°,25. et le mois le plus chaud, juin, avec +17°,40 est de 18°,65, valeur qui diffère très peu de l'amplitude normale, qui est de 18°,89.

Au Saint-Bernard, le jour le plus froid de l'année tombe sur le 27 décembre 1887, avec —22°,71 comme température moyenne; la date du jour le plus chaud, +13,14, est le 12 août. La différence entre ces deux températures moyennes extrêmes est de 35°,85.

Le plus fort écart négatif, —14°,30, tombe sur le 27 décembre 1887, et coïncide par conséquent avec le jour le plus froid de l'année. Il n'est pas de même du plus fort écart positif, +7°,88, qui a eu lieu le 10 janvier. L'amplitude de l'oscillation entre le mois le plus froid, février avec —11°,11, et le mois le plus chaud, août avec +5°,37, est de 16°.48. Pendant les 5 mois de décembre à avril, la température moyenne ne s'est élevée que 3 jours au-dessus de 0°, et cela les 14, 17 et 29 avril. Dans le courant du mois de novembre on ne compte que 3 jours pour lesquels elle se soit élevée au-dessus de cette limite. Durant les mois de juin, juillet et août on compte 10 jours pour lesquels la température moyenne est descendue au-dessous de 0°.

On trouve dans le courant de l'année généralement des jours pour lesquels la température est plus forte au Saint-Bernard que dans la station de la plaine; ce renversement de température se présente surtout en hiver quand le brouillard règne à Genève, alors qu'il fait beau temps à la montagne. Cette année-ci ce phénomène fait complètement défaut.

On a relevé pour Genève la température moyenne de 5 en 5 jours pour l'année civile du 1er janvier au 31 dé-

cembre 1888, en inscrivant à côté l'écart, soit la différence avec le chiffre moyen calculé par la formule déduite des 50 années 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse les limites de l'écart probable et constitue ainsi une anomalie, le chiffre est mis entre parenthèses.

Sur les 73 pentades, on en trouve 38 avec le signe —, et 35 avec le signe +, en ce qui concerne l'écart. Sur les 35 écarts positifs, 15 dépassent les limites de l'écart probable. La plus longue période de chaleur a eu lieu entre le 26 avril et le 14 juin; les 10 pentades qui la composent ont toutes des écarts positifs.

On trouve deux périodes de froid relatif, qui compte toutes deux 8 pentades avec le signe négatif; ce sont celles du 15 juin au 24 juillet, et du 3 octobre au 11 novembre. Sur les 38 écarts négatifs on en compte 21 dépassant la limite de l'écart probable; le nombre correspondant pour les écarts positifs est de 15. Le plus fort écart positif, +4°,64, tombe sur la période du 5 au 9 juin, et le plus fort écart négatif, —5°,57, sur celle du 6 au 10 avril.

Le plus fort abaissement de température, —8°,62, a eu lieu entre la sixième et la septième pentade, et la plus forte élévation de température, +6°,64, entre la treizième et la quatorzième pentade.

La période du 5 au 9 juin donne le chiffre le plus élevé pour la température d'une pentade, soit +20°,69, et celle du 31 janvier au 4 février le plus bas, —4°,84. La différence entre ces deux périodes extrêmes est donc de 25°,53.

GENÈVE, 1888.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très froids	froids		tempérés		chauds		très chauds		
	−10° à −5°	−5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1887 .	5	6	13	7	—	—	—	—	− 8°,64 le 31	+11°,13 le 10
Janv. 1888.	4	13	14	—	—	—	—	—	− 9,55 le 30	+ 4,17 le 10
Février. . .	1	17	10	1	—	—	—	—	− 6,76 le 1	+ 5,22 le 12
Mars. . . .	—	5	10	14	2	—	—	—	− 2,40 le 3	+11,11 le 25
Avril. . . .	—	—	8	14	8	—	—	—	+ 1,58 le 5	+13,86 le 30
Mai	—	—	—	1	14	16	—	—	+ 9,06 le 4	+18,19 le 18
Juin	—	—	—	—	7	17	6	—	+12,98 le 18	+24,16 le 5
Juillet . . .	—	—	—	—	7	21	3	—	+12,38 le 12	+21,09 le 25
Août	—	—	—	—	7	18	6	—	+11,81 le 2	+23,16 le 15
Septembre.	—	—	—	—	8	22	—	—	+11,29 le 1	+19,66 le 7
Octobre . .	—	—	4	22	5	—	—	—	+ 3,18 le 21	+12,82 le 1
Novembre .	—	—	10	20	—	—	—	—	+ 1,24 le 25	+ 8,67 le 1
Année . . .	10	41	69	79	58	94	15	—	−9°55, le 30 janvier 1888.	+24°16, le 5 juin 1888.

GENÈVE, 1888. — TEMPÉRATURE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. . 1887	13	18	4	± 3°,78	− 8°,46 le 31	+ 9°,91 le 10	± 1°,85	− 5°,64 le 12	+5°,66 le 10
Janvier 1888	17	14	8	3,16	9,87 le 30	4,49 le 10	2,02	5,34 le 29	7,43 le 3
Février . . .	21	8	2	3,35	7,14 le 1	4,02 le 12	1,44	4,83 le 14	4,52 le 2
Mars	17	14	6	2,86	5,60 le 3	5,21 le 25	1,89	5,26 le 26	5,71 le 9
Avril	21	9	7	3,01	6,53 le 12	4,53 le 17	1,52	3,70 le 5	4,36 le 29
Mai	9	22	8	2,07	2,43 le 4	5,18 le 9	1,44	4,61 le 4	3,79 le 14
Juin	14	16	5	2,87	5,13 le 30	8,34 le 5	1,65	6,15 le 14	4,64 le 3
Juillet	25	6	4	2,39	6,35 le 12	2,20 le 25	1,41	5,10 le 31	3,73 le 15
Août	21	10	4	2,64	6,93 le 2	5,06 le 15	1,54	5,41 le 17	2,83 le 11
Septembre .	7	23	3	2,24	5,30 le 1	3,90 le 24	1,12	4,58 le 8	2,49 le 4
Octobre . . .	26	5	4	2,91	6,42 le 7	0,71 le 30	1,17	3,92 le 6	3,48 le 25
Novembre. .	9	21	6	1,99	2,20 le 7	5,68 le 27	1,28	3,39 le 25	4,59 le 27
Année. . . .	200	166	61	± 2,77	-9,87 le 30 janvier 1888.	+9,91 le 10 décemb. 1887.	± 1,53	-6°15, le 14 juin 1888.	+ 7°,43 le 3 janvier 1888.

SAINT-BERNARD, 1888.

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	−23° et −15	−15° et −10	−10° et −5	−5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1887.	9	7	10	5	—	—	—	—	−22°,71 le 27	−0°,74 le 9
Janvier 1888 . .	5	5	13	8	—	—	—	—	−21,99 le 29	−0,99 le 10
Février	3	13	13	—	—	—	—	—	−15,70 le 16	−7,05 le 5
Mars	2	9	12	8	—	—	—	—	−19,80 le 4	−1,82 le 9
Avril	—	4	13	10	3	—	—	—	−12,97 le 11	+2,45 le 14
Mai.	—	—	—	9	20	2	—	—	−4,17 le 4	+5,19 le 9
Juin	—	—	—	4	14	9	3	—	−2,07 le 18	+10,80 le 5
Juillet	—	—	—	3	17	11	—	—	−2,62 le 13	+9,10 le 27
Août	—	—	—	5	8	11	7	—	−3,86 le 6	+13,14 le 12
Septembre . . .	—	—	—	2	19	9	—	—	−2,77 le 1	+7,18 le 12
Octobre.	—	—	6	9	16	—	—	—	−9,92 le 8	+4,19 le 30
Novembre . . .	—	1	8	18	3	—	—	—	−11,26 le 21	+1,39 le 16
Année	19	39	75	81	100	42	10	—	−22°,71 le 27 décembre 1887.	+13°,14 le 12 août 1888.

SAINT-BERNARD, 1888. — Température.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1887 . .	21	10	6	±4°,82	-14°,30 le 27	+ 6°,63 le 9	±2°,73	- 7°,38 le 27	+10°,22 le 9
Janvier 1888.	14	17	8	4,62	12,91 le 29	7,88 le 10	2,66	10,55 le 27	5,81 le 19
Février . . .	21	8	5	2,73	6,88 le 16	1,99 le 5	1,72	3,93 le 15	9,87 le 1
Mars	22	9	7	3,50	11,75 le 4	5,89 le 9	2,44	9,29 le 4	6,81 le 8
Avril	21	9	5	3,19	8,75 le 11	6,28 le 14	2,16	3,53 le 20	7,62 le 14
Mai	10	21	8	1,95	4,72 le 29	5,50 le 8	1,73	4,42 le 4	5,16 le 7
Juin.	16	14	7	3,38	6,70 le 30	7,76 le 3	2,12	4,86 le 17	5,34 le 2
Juillet. . . .	24	7	6	3,05	8,65 le 13	2,71 le 27	1,88	4,43 le 28	7,94 le 14
Août	17	14	8	3,97	10,23 le 6	6,92 le 12	2,63	7,97 le 2	5,57 le 8
Septembre .	9	21	7	2,08	7,85 le 1	3,19 le 12	1,55	6,42 le 8	4,59 le 3
Octobre . . .	13	18	2	3,89	10,39 le 8	7,07 le 30	1,66	5,68 le 14	7,33 le 16
Novembre. .	12	18	11	2,69	5,55 le 21	7,10 le 25	2,76	9,17 le 21	6,83 le 23
Année . . .	200	166	80	±3,33	-14,30 le 27 décemb. 1887	+7,88 le 10 janvier 1888.	±2,17	-10°55, le 27 janvier 1888.	+10°22, le 9 décemb. 1887

1888. Température de 5 en 5 jours, à Genève.

Date	Tempé-rature moy.	Diffé-rence avec la formule	Date	Tempé-rature moy.	Diffé-rence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	– 1,99	–1,74	30– 4 Juillet	+15,06	(–3,22)
6–10 id.	+ 1,60	+1,92	5– 9 id.	+17,21	–1,33
11–15 id.	+ 0,33	+0,63	10–14 id.	+14,36	(–4,37)
16–20 id.	– 3,94	(–3,74)	15–19 id.	+15,58	(–3,27)
21–25 id.	+ 1,16	+1,18	20–24 id.	+18,53	–0,36
26–30 id.	– 3,11	(+3,32)	25–29 id.	+19,12	+0,25
31– 4 Février	– 4,84	(–5,30)	30– 3 Août	+15,16	(–3,61)
5– 9 id.	+ 1,49	+0,70	4– 8 id.	+14,04	(–4,55)
10–14 id.	+ 3,06	+1,86	9–13 id.	+20,18	(+1,83)
15–19 id.	– 1,66	(–3,30)	14–18 id.	+19,70	(+1,67)
20–24 id.	– 2,70	(–4,83)	19–23 id.	+16,17	–1,48
25– 1 Mars	– 0,49	(–3,20)	24–28 id.	+16,70	–0,50
2– 6 Mars	– 1,74	(–5,05)	29– 2 Septemb.	+14,87	(–1,83)
7–11 id.	+ 5,49	+1,59	3– 7 id.	+16,50	+0,37
12–16 id.	+ 6,39	(+1,88)	8–12 id.	+14,80	–0,71
17–21 id.	+ 1,95	(–3,18)	13–17 id.	+16,99	(+2,14)
22–26 id.	+ 6,59	+0,82	18–22 id.	+15,97	(+1,84)
27–31 id.	+ 7,41	+0,98	23–27 id.	+16,36	(+2,99)
1– 5 Avril	+ 5,42	–1,68	28– 2 Octobre	+13,96	+1,39
6–10 id.	+ 2,22	(–5,57)	3– 7 id.	+ 8,50	(–3,24)
11–15 id.	+ 6,07	(–2,42)	8–12 id.	+ 5,95	(–4,93)
16–20 id.	+10,63	+1,44	13–17 id.	+ 6,94	(–3,06)
21–25 id.	+ 8,36	–1,55	18–22 id.	+ 5,20	(–3,91)
26–30 id.	+10,76	+0,14	23–27 id.	+ 6,66	(–1,56)
1– 5 Mai	+11,69	+0,34	28– 1 Novemb.	+ 7,06	–0,26
6–10 id.	+14,39	(+2,32)	2– 6 id.	+ 6,04	–0,39
11–15 id.	+13,39	+0,60	7–11 id.	+ 4,55	–1,02
16–20 id.	+17,16	(+3,67)	12–16 id.	+ 7,11	(+2,38)
21–25 id.	+15,06	+0,89	17–21 id.	+ 6,43	(+2,49)
26–30 id.	+15,44	+0,61	22–26 id.	+ 3,97	+0,77
31– 4 Juin	+18,98	(+3,52)	27– 1 Décemb.	+ 7,09	(+4,58)
5– 9 id.	+20,69	(+4,64)	2– 6 id.	+ 0,21	–1,67
10–14 id.	+18,12	+1,51	7–11 id.	– 0,30	–1,63
15–19 id.	+13,86	(–3,25)	12–16 id.	– 0,71	–1,55
20–24 id.	+16,73	–0,84	17–21 id.	– 1,15	–1,59
25–29 id.	+16,81	–1,14	22–26 id.	+ 4,50	(+4,38)
			27–31 id.	+ 0,99	+1,10

GENÈVE, 1888. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

ÉPOQUE.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Déc. 1887...	—12,7	le 31	+ 12,5	le 10	17	8
Janv. 1888..	—14,0	le 30	+ 11,0	le 3	25	10
Février......	—12,5	le 1	+ 10,7	le 11	26	2
Mars........	— 9,3	le 3	+ 19,2	le 27	14	0
Avril........	— 0,9	le 10	+ 20,4	le 29	2	0
Mai	+ 3,3	le 5	+ 25,0	le 19	0	0
Juin	+ 7,9	le 15	+ 30,5	le 3 et le 5	0	0
Juillet.......	+ 5,6	le 14	+ 29,8	le 25	0	0
Août........	+ 7,1	le 20	+ 30,9	le 15	0	0
Septembre...	+ 6,4	le 3	+ 26,0	le 7	0	0
Octobre.....	— 2,2	les 22 et 24	+ 18,5	le 30	8	0
Novembre...	— 5,0	le 26	+ 16,0	le 1	5	0
Année......	—14,0	le 30 janv. 1888.	+ 30,9	le 15 août 1888.	97	20

SAINT-BERNARD, 1888.

Epoque.	Min. absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.
	°		°	
Déc. 1887....	—24,8	le 28	+ 1,0	le 10
Janv. 1888...	—23,5	le 31	+ 1,8	le 10
Février......	—19,8	le 19	— 2,5	le 11
Mars........	—22,0	le 4	+ 5,0	le 8
Avril........	—16,1	le 7	+10,2	le 14
Mai.........	— 7,8	le 5	+12,3	le 8
Juin.........	— 5,8	le 15	+16,4	le 3
Juillet.......	— 5,1	le 12	+13,8	le 22
Août........	— 6,0	le 6	+19,3	le 11
Septembre...	— 4,6	le 1	+10,8	le 7 et le 15
Octobre.....	—11,7	le 15	+ 8,4	le 31
Novembre....	—12,6	le 21	+ 6,0	le 16
Année......	—24,8	le 28 déc. 1887.	+19,3	le 11 août 1888.

Le minimum absolu de l'année enregistré à Genève au thermométrographe est de —14°,0 le 30 janvier, valeur

plus basse de 0°,7 que le minimum moyen de l'année, qui est de 13°,3. Le maximum absolu de l'année 1888 est de +30°,9, observé le 15 août ; cette valeur est inférieure de 1°,6 au maximum absolu moyen +32°,5. La différence entre les deux extrêmes de température pendant l'année météorologique 1888 est donc de 44°,9, inférieure de 0°,9 à l'amplitude normale.

Le minimum s'est abaissé pour la dernière fois au printemps au-dessous de 0° le 6 avril, et la dernière gelée blanche a eu lieu le même jour. On notait toutefois des giboulées de neige dans les journées des 8, 10, 11 et 12 avril. Le 14 juillet, soit au moment le plus chaud de l'année, la température descendait à +5°,6, et le 3 août on notait de la neige sur les montagnes de Tanninges. Le premier septembre, après une chute de grêle qui a duré cinq minutes à Genève, les Pitons apparaissaient blancs comme après une chute de neige. La première neige observée sur le Jura est apparue le 4 octobre, puis le 6 sur les montagnes environnantes ; elle a fait sa première apparition dans la plaine le 9 octobre et était mélangée de pluie. La gelée blanche la plus hâtive de l'automne a eu lieu le 13 du même mois, et le minimum descendait à la même date pour la première fois au-dessous de 0°. La gelée blanche la plus tardive du printemps ainsi que la plus avancée de l'automne ont donc été toutes deux des gelées blanches à glace.

Le minimum absolu de l'année au Saint-Bernard, —24°,8, a eu lieu le 28 décembre 1887, et le maximum absolu, +19°,3 s'est produit le 11 août. L'amplitude entre les deux températures extrêmes observées est donc de 44°,1.

Température du Rhône en 1888.

ÉPOQUE.	Moyenne.	Écarts avec la valeur normale.	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
Décembre 1887 . .	+ 5,85	—0,76	+ 2,0 les 30 et 31	+ 7,7 le 10	+ 4,91
Janvier 1888 . . .	+ 4,27	—0,84	+ 1,8 le 31	+ 5,6 le 3	+ 5,52
Février	+ 3,65	—1,31	+ 2,5 les 2, 4 et 15	+ 5,0 les 13 et 14	+ 4,26
Mars	+ 5,34	—0,78	+ 3,7 le 3	+ 7,0 le 28	+ 1,12
Avril	+ 6,83	—1,95	+ 5,5 le 7	+ 8,4 le 19	— 0,42
Mai	+12,04	+0,32	+ 8,4 le 1 et le 2	+14,8 le 26	— 2,56
Juin	+15,03	—0,31	+10,7 le 30	+17,7 le 23	— 2,37
Juillet	+13,25	—4,84	+ 8,9 le 20	+18,0 le 23	— 3,55
Août	+17,45	—1,20	+12,5 le 1	+19,5 le 21	+ 0,47
Septembre.	+18,65	+1,58	+17,6 le 3	+19,5 le 7	+ 2,96
Octobre	+12,10	—1,88	+11,0 les 18, 19, 29, 30, 31	+13,5 le 1	+ 5,05
Novembre	+ 9,90	+0,27	+ 8,8 le 26	+11,3 le 2	+ 3,96
Année	+10,38	—0,96	+ 1,8 le 31 janvier 1888.	+19,5 les 21 août et 7sept. 1888.	+ 1,61

Température du Rhône en 1888.

ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1887	±1°,11	— 3°,6 le 30	+1°,0 les 17 et 19	±0°,38	— 2°,4 le 27	+ 0°,7 le 6
Janvier 1888 .	0,76	— 3,0 le 31	+0,2 le 3	0,37	— 0,8 le 14	+ 3,1 le 3
Février	1,36	— 2,4 les 15 et 16	+0,1 les 13 et 14	0,42	— 2,5 le 15	+ 1,4 le 17
Mars	0,93	— 1,8 les 3 et 19	+0,6 le 12	0,30	— 1,1 le 13	+ 0,9 le 9
Avril *.	1,75	— 2,5 le 27	—0,5 les 18 et 19	0,22	— 1,1 le 20	+ 0,7 le 18
Mai	0,98	— 1,8 le 2	+1,8 le 26	0,22	— 0,6 le 16	+ 1,0 le 23
Juin	1,34	— 6,1 le 30	+2,0 le 12	0,89	— 3,1 le 29	+ 1,6 le 8
Juillet*	4,72	— 9,4 le 20	—0,4 le 23	1,35	— 7,0 le 13	+ 3,9 le 14
Août.	1,57	— 6,2 le 1	+0,8 le 21	0,73	— 2,3 le 22	+ 2,5 le 2
Septembre . .	1,52	— 0,6 le 3	+2,6 le 25	0,30	— 0,4 les 8, 11, 19, 29	+ 0,7 les 4 et 7.
Octobre * . . .	1,71	— 3,3 le 8	—0,8 le 31	0,35	— 1,1 le 16	+ 1,1 le 10
Novembre . . .	0,55	— 0,8 le 7	+1,1 le 30	0,17	— 0,3 les 3, 7 et 21	+ 0,5 le 2
Année	±1,53	— 9,4 le 20 juillet 1888.	+2,6 le 25 sept. 1888.	±0,48	— 7,0 le 13 juillet 1888.	+ 3,9 le 14 juillet 1888.

* Les écarts ont été tous négatifs pendant les mois d'avril, de juillet et d'octobre.

GENÈVE, 1888. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.
	mm	mm	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1887	724,87	-0,01	-0,15	0,00	+0,52	-0,29	-0,22	+0,01	+0,13
Janvier 1888 .	732,71	+0,23	+0,09	-0,04	+0,32	-0,35	-0,38	-0,04	+0,15
Février	721,98	-0,04	-0,25	+0,05	+0,29	-0,06	-0,41	+0,08	+0,33
Mars	720,09	+0,38	+0,01	+0,33	+0,34	-0,39	-0,79	-0,14	+0,25
Avril	723,04	+0,20	-0,06	+0,24	+0,41	-0,02	-0,56	-0,37	+0,12
Mai	727,65	+0,16	+0,06	+0,45	+0,37	-0,26	-0,71	-0,48	+0,38
Juin	726,07	+0,20	+0,01	+0,49	+0,46	-0,03	-0,59	-0,54	+0,03
Juillet	725,47	+0,18	+0,07	+0,34	+0,24	-0,21	-0,58	-0,35	+0,33
Août.	728,94	-0,02	-0,11	+0,39	+0,35	+0,05	-0,52	-0,40	+0,27
Septembre . .	729,29	+0,26	+0,06	+0,40	+0,52	-0,16	-0,75	-0,34	+0,03
Octobre	728,67	+0,01	-0,20	+0,34	+0,49	-0,34	-0,57	-0,04	+0,30
Novembre . . .	727,10	+0,34	+0,05	+0,23	+0,50	-0,44	-0,64	-0,19	+0,17
Hiver	726,62	+0,06	-0,10	0,00	+0,38	-0,24	-0,34	+0,02	+0,20
Printemps. . .	723,60	+0,25	0,00	+0,34	+0,37	-0,23	-0,69	-0,33	+0,25
Été	726,84	+0,11	-0,02	+0,40	+0,35	-0,07	-0,57	-0,43	+0,20
Automne . . .	728,36	+0,20	-0,04	+0,32	+0,50	-0,32	-0,65	-0,19	+0,17
Année.	726,35	+0,15	-0,04	+0,27	+0,40	-0,21	-0,56	-0,24	+0,20

SAINT-BERNARD, 1888. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne.	1 h.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1887.	557,90	+0,07	−0,19	−0,16	+0,28	−0,08	−0,15	+0,08	+0,13
Janvier 1888 . .	564,48	+0,31	+0,11	−0,10	+0,11	−0,35	−0,22	+0,02	+0,12
Février	555,20	+0,02	−0,32	−0,23	+0,02	−0,05	−0,05	+0,21	+0,43
Mars	555,54	+0,15	−0,29	−0,31	+0,01	+0,01	+0,19	+0,20	+0,01
Avril	559,29	+0,08	−0,34	−0,34	−0,03	+0,05	+0,02	+0,22	+0,31
Mai.	566,89	+0,03	−0,37	−0,28	−0,08	−0,01	+0,01	+0,27	+0,43
Juin	566,93	+0,14	−0,24	−0,12	+0,02	+0,07	−0,04	+0,04	+0,14
Juillet	565,94	0,00	−0,43	−0,21	−0,01	+0,04	0,00	+0,17	+0,42
Août	569,25	+0,11	−0,32	−0,27	−0,04	+0,03	−0,01	+0,14	+0,37
Septembre . . .	569,27	+0,20	−0,13	−0,04	+0,01	+0,03	−0,05	−0,01	0,00
Octobre.	564,95	0,00	−0,34	−0,20	+0,07	−0,15	+0,03	+0,27	+0,33
Novembre . . .	563,77	+0,16	−0,04	+0,02	+0,32	−0,16	−0,27	−0,01	−0,03
Hiver	559,28	+0,14	−0,12	−0,16	+0,14	−0,16	−0,14	+0,10	+0,23
Printemps . . .	560,58	+0,09	−0,34	−0,30	−0,03	+0,03	+0,07	+0,24	+0,24
Été	567,38	+0,08	−0,33	−0,20	−0,01	+0,04	−0,02	+0,12	+0,31
Automne	565,99	+0,12	−0,17	−0,08	+0,13	−0,10	−0,10	+0,08	+0,10
Année	563,31	+0,11	−0,24	−0,19	+0,06	−0,04	−0,04	+0,14	+0,23
Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :									
Hiver	167,34	−0,08	+0,02	+0,16	+0,24	−0,08	−0,20	−0,08	−0,03
Printemps . . .	163,02	+0,16	+0,34	+0,64	+0,40	−0,26	−0,76	−0,57	+0,01
Été	159,46	+0,03	+0,31	+0,60	+0,36	−0,11	−0,55	−0,55	−0,11
Automne	162,37	+0,08	+0,13	+0,40	+0,37	−0,22	−0,55	−0,27	+0,07
Année	163,04	+0,04	+0,20	+0,46	+0,34	−0,17	−0,52	−0,38	−0,03

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes, déduites pour Genève des 40 années 1836 à 1875 et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841 à 1867, on trouve les écarts suivants :

Époque.	Genève.	Saint-Bernard.	Genève–St-Bernard.
	ÉCARTS		
	mm	mm	mm
Décembre 1887	— 3,09	— 3,75	+0,66
Janvier 1888..	+ 5,34	+ 3,52	+1,82
Février	— 4,86	— 4,84	—0,02
Mars	— 4,94	— 4,30	—0,64
Avril	— 1,73	— 2,10	+0,37
Mai	+ 2,41	+ 2,72	—0,31
Juin	— 1,12	— 0,18	—0,94
Juillet	— 2,18	— 2,54	+0,36
Août	+ 1,28	+ 0,85	+0,43
Septembre....	+ 1,66	+ 1,82	—0,16
Octobre	+ 2,17	+ 0,35	+1,82
Novembre	+ 1,25	+ 1,74	—0,49
Année mét. 1888.	— 0,29	— 0,57	+0,28

La hauteur barométrique moyenne est trop basse dans les deux stations; ce déficit est de $0^{mm},29$ pour Genève et de $0^{mm},57$ au Saint-Bernard. Les signes des écarts pour les différents mois sont également concordants; on en rencontre 6 négatifs, ceux des mois de décembre, février et avril, juin et juillet: les mois qui présentent des écarts positifs sont donc janvier, mai et août à novembre. Parmi les différences des écarts de Genève et du Saint-Bernard on en trouve 6 positives et 6 négatives; la différence positive la plus forte, $+1^{mm},82$, se constate pendant les mois de janvier et d'octobre. La différence négative la plus forte a lieu en juin; sa valeur est de $—0^{mm},94$.

A Genève le plus grand écart négatif, $—4^{mm},94$, a eu

lieu au mois de mars; celui du mois de février, —4^{mm},86 s'en rapproche beaucoup. Le plus fort écart positif, +5^{mm},34, s'est produit au mois de janvier.

Avec les données suivantes pour l'année 1888 : 726^{mm},35 et 563^{mm},31 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations; +8°,77 et —3°,29 pour la température moyenne; 0,76 et 0,79 pour la fraction moyenne de saturation, on trouve, d'après les tables hypsométriques de E. Plantamour, 2063^{m},6, pour la différence d'altitude entre les deux stations; le nivellement direct avec le niveau à lunette a donné 2070^{m},3.

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans chaque station, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la valeur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère les maxima et les minima absolus tels qu'ils ont été obtenus au moyen du barographe.

A Genève le maximum moyen est de 741^{mm},03 et le minimum moyen de 705^{mm},05; les mêmes valeurs pour l'année 1888 sont de 742^{mm},96, observé le 8 janvier et de 703^{mm},22 observé le 29 mars. L'amplitude de l'excursion barométrique dans le courant de l'année 1888 est donc de 39^{mm},74 au lieu de 35^{mm},98 amplitude normale.

Au Saint-Bernard l'amplitude totale de la pression atmosphérique est de 34^{mm},13, soit de 5^{mm},61 inférieure à celle observée dans la station de la plaine.

GENÈVE, 1888. — PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1887 .	21	10	9	± 4,48	– 9,80 le 20	+11,56 le 2	±2,79	– 9,19 le 19	+ 8,54 le 1
Janv. 1888.	6	25	3	7,03	– 6,28 le 31	+14,27 le 8	2,81	– 9,33 le 28	+ 7,92 le 24
Février. . .	23	6	3	6,03	–19,44 le 20	+ 6,72 le 4	2,73	– 4,49 le 6	+ 6,35 le 2
Mars	25	6	5	6,68	–16,24 le 28	+ 8,38 le 7	2,89	– 6,42 le 23	+ 7,76 le 30
Avril. . . .	20	10	9	3,01	–10,11 le 4	+ 5,02 le 28	2,45	– 4,61 le 19	+ 7,03 le 27
Mai	10	21	7	3,93	– 6,85 le 28	+ 9,51 le 6	2,16	– 6,05 le 14	+ 6,48 le 2
Juin	21	9	7	2,32	– 6,71 le 30	+ 5,74 le 2	1,59	– 5,07 le 16	+ 3,48 le 10
Juillet . . .	26	5	8	2,74	– 9,43 le 17	+ 2,44 le 13	2,39	– 4,84 le 15	+ 5,42 le 1
Août	11	20	9	2,43	– 6,91 le 17	+ 5,74 le 10	1,86	– 5,19 le 17	+ 4,77 le 18
Septembre.	8	22	9	2,69	– 7,03 le 30	+ 7,96 le 12	1,75	– 6,55 le 30	+ 4,36 le 5
Octobre . .	11	20	3	6,17	–14,99 le 2	+13,30 le 28	2,42	– 7,22 le 2	+ 6,48 le 15
Novembre .	16	14	5	6,00	–12,13 le 29	+12,99 le 23	3,67	– 8,39 le 1	+ 8,11 le 15
Année . . .	198	168	77	± 4,46	–19,44 le 20 février 1888.	+14,27 le 8 janvier 1888.	±2,46	– 9,33 le 28 janvier 1888.	+ 8,54 le 1 décemb. 1887.

SAINT-BERNARD, 1888. — PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1887 .	21	10	6	± 5,51	−13,84 le 27	+ 8,61 le 2	±2,51	− 8,73 le 19	+ 5,86 le 2
Janv. 1888.	7	24	2	6,73	−11,28 le 31	+13,02 le 9	2,52	− 8,48 le 28	+ 6,82 le 24
Février . .	24	5	2	5,73	−15,78 le 19	+ 4,48 le 4	2,14	− 5,75 le 15	+ 6,09 le 2
Mars. . . .	26	5	2	5,58	−11,76 le 29	+ 6,97 le 8	2,33	− 5,68 le 10	+ 7,03 le 20
Avril. . . .	21	9	5	3,67	− 8,65 le 5	+ 4,60 le 29	2,01	− 4,54 le 19	+ 5,49 le 13
Mai	6	25	4	3,50	− 4,01 le 28	+ 8,90 le 7	1,60	− 3,90 le 14	+ 3,97 le 2
Juin	13	17	3	3,03	− 8,40 le 30	+ 7,70 le 3	1,35	− 2,81 le 29	+ 2,22 le 1
Juillet . . .	25	6	2	2,87	− 8,95 le 17	+ 1,52 le 25	1,56	− 4,37 le 16	+ 4,10 le 1
Août. . . .	13	18	9	2,38	− 4,82 le 18	+ 7,32 le 11	1,55	− 4,55 le 17	+ 4,11 le 19
Septembre.	8	22	9	3,03	− 3,66 le 30	+ 7,99 le 13	1,89	− 5,00 le 30	+ 3,71 le 5
Octobre . .	13	18	3	5,67	− 9,43 le 8	+12,26 le 28	1,98	− 3,75 le 13	+ 5,45 le 15
Novembre .	14	16	5	4,69	− 8,53 le 2	+10,77 le 16	2,88	− 7,13 le 1	+ 6,85 le 15
Année . . .	191	175	52	±4,36	−15,78 le 19 février 1888.	+13,02 le 9 janvier 1888.	±2,03	− 8,73 le 19 décemb. 1887.	+ 7,03 le 20 mars 1888.

GENÈVE, 1888.

Époque.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1887.	714,86	le 19	739,59	le 2	24,73
Janv. 1888.	718,15	le 28	742,96	le 8	24,81
Février ...	705,56	le 20	735,04	le 4	29,48
Mars.....	703,22	le 29	734,75	le 8	31,53
Avril.....	712,50	le 4	731,06	le 28	18,56
Mai......	717,65	le 28	735,97	le 6	18,32
Juin	715,46	le 30	733,05	le 2	17,59
Juillet....	717,23	le 16	730,61	le 13	13,38
Août.....	717,03	le 17	734,58	le 10	17,55
Septembre.	717,91	le 30	736,35	le 12	18,44
Octobre ..	708,82	le 2	740,51	le 28	31,69
Novembre.	711,15	le 29	740,27	le 23	29,12
Année....	703,22	le 29 mars 1888.	742,96	le 8 janv. 1888.	39,74

SAINT-BERNARD, 1888.

Époque.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1887.	546,91	le 27	571,50	le 3	24,59
Janv. 1888.	547,50	le 31	575,08	le 9	27,58
Février ...	542,85	le 19	565,98	le 5	23,13
Mars.....	544,68	le 29	566,90	le 8	22,22
Avril.....	550,06	le 5	567,65	le 29	17,59
Mai......	560,55	le 28	572,78	le 7	12,23
Juin	556,08	le 30	573,88	le 3	17,80
Juillet....	559,29	le 17	570,77	le 25	11,48
Août.....	560,75	le 18	576,98	le 10	16,23
Septembre.	559,66	le 30	576,08	le 12	16,42
Octobre ..	555,04	le 9	576,00	le 28	20,96
Novembre.	552,73	le 29	573,80	le 16	21,07
Année....	542,85	le 19 février 1888.	576,98	le 10 août 1888.	34,13

GENÈVE, 1888. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	1 h. m	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1887 .	849	850	835	785	703	759	795	807	798	390	1000, 4 fois
Janvier 1888	908	918	881	848	772	796	848	878	856	450	1000, 16 »
Février. . .	894	920	904	817	687	751	816	883	834	400	1000, 12 »
Mars	764	814	798	643	526	607	681	722	694	290	1000, 1 »
Avril	817	883	842	702	608	623	721	803	750	350	1000, 11 »
Mai	749	800	741	585	474	454	550	666	627	250	1000, 3 »
Juin	786	804	761	612	519	524	622	778	676	270	980,
Juillet . . .	792	835	786	630	576	578	673	761	704	340	990,
Août	857	896	835	678	596	559	679	793	737	300	990,
Septembre .	880	906	911	770	691	676	779	875	814	510	1000, 5 »
Octobre . .	861	923	888	735	638	651	793	861	794	400	1000, 13 »
Novembre .	901	919	923	812	741	767	837	870	846	430	1000, 11 »
Hiver. . . .	884	895	872	817	722	769	820	855	829	390	1000, 32 fois
Printemps .	776	832	793	643	535	561	650	730	690	250	1000, 15 »
Été	812	846	794	640	564	554	658	777	706	270	990,
Automne . .	880	916	907	772	689	697	810	869	818	400	1000, 29 »
Année . . .	838	872	842	717	627	645	734	808	760	250	1000, 76 fois

L'humidité de l'air est fournie par la fraction de saturation seule, sans tenir compte de la tension de la vapeur. Pour pouvoir comparer les cas de saturation pendant l'année 1888 avec l'ancien système des observations bihoraires, on a eu recours à la fréquence relative de saturation, soit au rapport entre le nombre des cas de saturation observés dans le courant du mois et le nombre total d'observations. Le tableau suivant fournit les écarts de ces deux éléments météorologiques avec la normale.

	Fraction de saturation.		Fréquence relative de la saturation.	
	Moyennes	Écarts 1888	Moyennes	Écarts 1888 mm
Décembre 1887..	865	— 67	0,147	— 0,131
Janvier 1888.....	857	— 1	0,145	— 0,080
Février.........	819	+ 15	0,096	— 0,044
Mars...........	754	— 60	0,039	— 0,035
Avril...........	697	+ 53	0,016	+ 0,030
Mai.............	704	— 77	0,016	— 0,004
Juin...........	698	— 22	0,010	— 0,010
Juillet..........	679	+ 25	0,006	— 0,006
Août...........	710	+ 27	0,009	— 0,009
Septembre.......	770	+ 44	0,025	— 0,004
Octobre.........	831	— 37	0,083	— 0,031
Novembre.......	833	+ 13	0,067	— 0,021
Année..........	768	— 8	0,055	— 0,029

L'année 1888 a été plutôt sèche si l'on ne considère que les deux facteurs du tableau précédent; la fraction et la fréquence relative de la saturation présentent tous deux des écarts négatifs; pour le dernier facteur l'écart négatif est même très fort. Pour la fréquence de la saturation on ne rencontre qu'un seul écart positif, celui du mois d'avril. En ne tenant compte que de la fraction de

saturation on trouve six mois secs sur six mois humides; ces derniers sont février, avril, juillet à septembre et novembre.

Les observations des vents pendant l'année 1888 sont résumées dans les tableaux suivants. Le premier indique pour chaque mois, et pour l'année, le chiffre représentant l'intensité de chaque vent d'après le nombre de fois qu'il a été noté dans les six observations faites journellement, en tenant compte à chaque observation de sa force. Celle-ci est représentée par des facteurs résultant d'une simple estimation et allant de 0 à 3; dans le cas de vents très violents le facteur 4 a été employé exceptionnellement. Le second de ces tableaux donne le rapport de l'intensité des vents soufflant entre le nord et le nord-est aux vents soufflant entre le sud et le sud-ouest, d'après les chiffres notés pour chaque direction dans le tableau précédent. On y trouve également la direction et l'intensité de la résultante de tous les vents observés, calculées au moyen de la formule de Lambert.

Vents observés à Genève, dans l'année 1888.

	Décemb. 1887.	Janvier 1888.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme. .	2	2	0	0	1	1	2	1	1	2	5	13	30
N......	12	13	17	24	57	76	44	30	43	61	30	26	433
NNE...	76	45	6	19	25	35	20	10	31	28	58	14	367
NE....	8	7	10	7	4	4	2	3	7	17	6	4	79
ENE...	12	7	5	5	8	2	5	0	4	5	8	7	68
E......	14	21	12	4	4	2	9	4	5	11	6	21	113
ESE...	5	8	3	1	2	1	3	2	1	3	1	3	33
SE.....	5	14	8	1	2	6	2	2	7	3	2	9	61
SSE....	2	5	3	4	4	4	5	2	8	2	2	7	48
S......	16	19	24	34	18	16	21	44	29	15	36	27	299
SSO....	31	19	23	79	41	25	35	54	16	11	27	24	385
SO.....	17	20	24	7	8	7	6	9	12	7	12	9	138
OSO...	3	4	3	9	2	6	11	11	3	1	3	2	58
O......	15	9	24	10	10	5	9	14	15	7	6	6	130
ONO...	3	3	1	3	1	3	3	6	1	0	1	0	25
NO....	4	2	6	2	1	2	0	0	2	6	1	7	33
NNO...	7	6	5	4	6	6	10	4	7	11	6	4	76

	RAPPORT Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE Direction.	RÉSULTANTE Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1887.	1,50	N 26°,5 E	22,7	1,1
Janvier 1888...	1,12	N 89,0 E	15,2	1,1
Février........	0,46	S 36,8 O	23,1	0,0
Mars.........	0,42	S 28,3 O	40,0	0,0
Avril.........	1,28	N 19,3 O	14,4	0,6
Mai...........	2,40	N 4,2 O	35,2	0,5
Juin..........	1,06	N 63,7 O	9,1	1,1
Juillet.........	0,40	S 26,5 O	36,7	0,5
Août..........	1,42	N 8,3 O	11,0	0,5
Septembre.....	3,21	N 13,5 E	45,4	1,1
Octobre.......	1,25	N 26,1 E	14,0	2,7
Novembre......	0,73	S 45,7 E	13,7	7,2
Année.........	1,07	N 34°4 O	4,6	1,4

Les chiffres de la dernière colonne du tableau précédent, qui donnent la somme pour l'année entière, se rapportent au nombre total de 2196 observations faites dans l'année. Pour pouvoir les comparer aux valeurs normales des 29 années 1847 à 1875, il faut les réduire au nombre proportionnel de 1000 observations ; on obtient alors:

Intensité relative des différents vents sur 1000 observations.

	Année 1888	Moyenne des 29 années		Écarts
Calme	14	57	—	43
Nord.............	197	265	—	68
Nord-Nord-Est....	167	200	—	33
Nord-Est.........	36	48	—	12
Est-Nord-Est.....	31	7	+	24
Est..............	51	22	+	29
Est-Sud-Est	15	7	+	8
Sud-Est..........	28	20	+	8
Sud-Sud-Est......	22	23	—	1
Sud	136	110	+	26
Sud-Sud-Ouest....	175	196	—	21
Sud-Ouest........	63	125	—	62
Ouest-Sud-Ouest ..	26	27	—	1
Ouest............	59	32	+	27
Ouest-Nord-Ouest..	11	5	+	6
Nord-Ouest.......	15	17	—	2
Nord-Nord-Ouest..	35	33	+	2

Si l'on considère les vents venant du N., du NNE. et du NE., formant le courant polaire dans notre vallée, on remarque que toutes ces directions ont un signe négatif, particulièrement pour les vents venant directement du N. Le courant polaire est en forte diminution pendant l'année 1888. Le courant équatorial, représenté par les vents soufflant du S. au SO., est également en diminution si l'on tient compte de la somme algébrique des écarts. Les vents soufflant directement du S. sont en nombre plus considérable, mais ceux venant du SO. et

surtout du SSO. présentent des écarts négatifs assez forts. Le nombre d'observations où un calme plat a été noté est notablement plus faible que la normale, d'où l'on peut en conclure que pendant l'année 1888 le vent a soufflé modérément. Les courants polaires et équatoriaux sont représentés en moyenne par les chiffres proportionnels 513 et 431; pendant l'année 1888 ils le sont pour les nombres 400 et 374.

Le tableau suivant donne le relevé des jours de forte bise et de fort vent du midi. Le nombre moyen des jours de forte bise dans l'année est de 42 et celui de fort vent du midi de 44, tandis que les chiffres correspondants pour l'année 1888 sont de 39 et de 36. On voit que conformément au tableau précédent, on trouve une diminution soit dans le nombre des jours de forte bise, soit dans celui de fort vent du midi.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Sud.
Décembre 1887 ...	6	4
Janvier 1888......	4	2
Février...........	0	0
Mars	2	12
Avril	5	3
Mai..............	6	1
Juin.............	3	4
Juillet...........	0	7
Août.............	3	0
Septembre........	4	1
Octobre..........	5	0
Novembre........	1	2
Hiver............	10	6
Printemps........	13	16
Été.............	6	11
Automne.........	10	3
Année	39	36

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1888 sont :

ÉPOQUE.	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1887.	190	59	3,22	N 45° E	70,4	0,0
Janv. 1888.	205	49	4,18	N 45 E	83,9	0,0
Février...	130	127	1,02	N 45 E	1,7	0,0
Mars.....	129	125	1,03	N 45 E	2,2	0,0
Avril.....	139	117	1,19	N 45 E	12,2	0,0
Mai......	117	92	1,27	N 45 E	13,4	0,0
Juin......	99	118	0,84	S 45 O	10,6	0,0
Juillet....	117	122	0,96	S 45 O	2,7	0,0
Août.....	147	68	2,16	N 45 E	42,5	0,5
Septembre.	93	110	0,85	S 45 O	9,4	0,0
Octobre ..	166	62	2,68	N 45 E	55,9	0,0
Novembre.	132	111	1,19	N 45 E	11,7	0,0
Année....	1664	1160	1,43	N 45° E	23,0	0,0

Pluie ou neige, dans l'année 1888.

ÉPOQUE.	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Hauteur de la neige. m
Décemb. 1887.	15	79,1	94	11	138,3	1,72
Janvier 1888..	8	14,5	30	5	21,5	0,27
Février......	15	73,2	102	13	99,8	1,37
Mars........	18	90,3	89	11	152,0	2,05
Avril........	24	106,9	89	17	141,8	1,85
Mai.........	11	49,9	36	3	48,0	0,22
Juin.........	19	78,3	76	16	128,1	0,06
Juillet.......	21	133,1	83	8	170,5	0,00
Août........	11	67,9	57	5	83,6	0,00
Septembre....	15	62,1	58	11	118,0	0,00
Octobre......	11	211,4	71	6	42,6	0,15
Novembre....	17	86,6	100	5	83,1	0,57
Hiver........	38	166,8	226	29	259,6	3,36
Printemps....	53	247,1	214	31	341,8	4,12
Été..........	51	279,3	216	29	382,2	0,06
Automne.....	43	360,1	229	22	243,7	0,72
Année.......	185	1053,3	885	111	1227,3	8,26

La comparaison de l'année 1888 avec la moyenne des 50 années 1826 à 1875 pour Genève, et avec celle des 27 années 1848 à 1867 pour le Saint-Bernard, donne les différences suivantes pour le nombre de jours de pluie et pour la quantité d'eau tombée :

	ÉCARTS A GENÈVE		ÉCARTS AU ST.-BERNARD	
	Jours de pluie.	Eau tombée. mm	Jours de pluie.	Eau tombée. mm
Décembre 1887.	+ 6	+ 28,1	+ 3	+ 65,2
Janvier 1888...	— 2	— 34,2	— 6	—107,6
Février	+ 7	+ 36,7	+ 4	+ 6,2
Mars	+ 8	+ 43,0	— 1	+ 55,1
Avril	+13	+ 50,1	+ 6	+ 21,7
Mai	— 1	— 29,2	— 8	— 72,1
Juin..........	+ 8	+ 2,3	+ 6	+ 26,8
Juillet	+12	+ 62,3	— 1	+ 95,4
Août	+ 1	— 12,5	— 4	— 2,2
Septembre.....	+ 5	— 32,1	+ 2	+ 2,0
Octobre.......	— 1	+110,4	— 4	— 99,7
Novembre.....	+ 6	+ 12,6	— 5	— 15,4
Hiver.........	+11	+ 30,6	+ 1	— 36.2
Printemps	+20	+ 63,9	— 3	+ 4,7
Été...........	+21	+ 52,1	+ 1	+120,0
Automne	+10	+ 90,9	— 7	—113,1
Année	+62	+237,5	— 8	— 24,6

L'année 1888 présente des caractères très différents dans les deux stations sous le rapport de la précipitation aqueuse. Elle est extrêmement pluvieuse à Genève où l'on rencontre un excédent d'eau de 237^{mm},5, soit près d'un tiers de plus que la quantité normale, 815^{mm},9. Le nombre total des jours de pluie est augmenté dans une proportion plus forte encore, puisqu'il dépasse de moitié le nombre normal, qui est de 122. Ce caractère pluvieux de l'année s'étend à toutes les saisons, qui présentent

toutes des écarts positifs pour ces deux facteurs. On ne rencontre dans l'année que 4 mois pour lesquels la quantité d'eau recueillie au pluviomètre soit inférieure à la normale; ce sont janvier, mai, août et septembre. Le mois d'octobre en 11 jours seulement a présenté un excédent formidable de pluie, 110^{mm},4, qui est dû principalement aux averses si violentes du 2 et 3 octobre 1888; celles-ci ont produit 177^{mm},4 d'eau recueillie au pluviomètre en 36 heures. C'est le mois d'octobre le plus pluvieux après le mois correspondant des années 1841, 1855 et 1872, qui ont fourni 221^{mm},2, 278^{mm},3 et 233^{mm}3 d'eau au pluviomètre. Nous renvoyons pour des détails plus amples sur ces deux journées au résumé météorologique du mois d'octobre. Le total de l'eau recueillie pendant l'année 1888 n'a été dépassé que par celui des années 1840, 1842 et 1872 qui ont fourni les chiffres suivants : 1053^{mm},6$_2$ 1084^{mm},1 et 1086^{mm},7.

Au Saint-Bernard l'année a été sèche, soit que l'on considère la quantité d'eau tombée, soit le nombre de jours de précipitation aqueuse; les deux écarts sont négatifs. En ne tenant compte que de la quantité d'eau recueillie au pluviomètre, on rencontre deux saisons sèches, l'hiver et l'automne. Le mois d'octobre, qui présente un si fort excédent d'eau à Genève, a été au contraire remarquablement sec au Saint-Bernard. Les averses du 2 et 3 octobre, si abondantes dans la station de la plaine, n'ont fourni que 23^{mm},0 dans celle de la montagne. Comme c'était une pluie d'orage, elle a été heureusement localisée. La hauteur totale de la neige tombée au Saint-Bernard pendant l'année 1888 est de 8^{m},26.

La quantité de neige mesurée à Genève est considérable; elle s'élève à 75^{cm},3, répartis comme suit : 3^{cm},1

en décembre, 5^{cm},5 en janvier et 66^{cm},7 en février. La plus forte chute de neige en un jour a eu lieu le 14 février ; elle s'élève à 20^{cm},0; le jour suivant elle atteignait 16^{cm},7. Ces deux chutes de neige, augmentées de chutes subséquentes, ont recouvert le sol jusqu'au 11 mars. Le föhn et la pluie en ont eu promptement raison à cette dernière date.

Le tableau suivant donne pour chaque mois à Genève les plus longues périodes de sécheresse, ou jours consécutifs sans pluie, et les plus longues périodes pluvieuses, ou jours consécutifs de pluie. Les deux extrêmes sont, en 1888, 17 jours pour la plus longue période de sécheresse, du 15 au 31 octobre, et 13 jours pour la plus longue période pluvieuse, du 25 mars au 6 avril. Ce tableau indique également le nombre des cas dans lesquels la pluie recueillie dans les 24 heures était très faible, au-dessous de 1 millimètre, ou presque insignifiante, au-dessous d'un quart de millimètre. Ces cas sont très nombreux ; il y a 52 jours pour lesquels la quantité de pluie a été très faible, dont 30 pour lesquels elle était insignifiante. On trouve également pour chaque mois la quantité maxima de pluie recueillie en 24 heures, et le nombre de jours de pluie très abondante, la quantité de pluie dépassant 3 centimètres. Il n'y a que trois de ces cas, dont l'un en avril et les deux autres en octobre; ces derniers sont les fameuses journées du 2 et du 3 octobre dont nous avons déjà eu à parler, et qui ont occasionné des inondations sérieuses dans le canton et les environs. La quantité maxima d'eau tombée en un jour pendant l'année 1888 est de 97^{mm},6 le 3 octobre. Ce chiffre si considérable a été cependant déjà dépassé le 20 mai 1827 et le 21 décembre 1841, où la quantité d'eau recueillie en 24 heures atteignait 162^{mm}0, soit 176^{mm},5.

Époque.	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de		Pluie dans 24 heures	
			1mm,0.	0mm,25.	maximum.	dépassant 3cm
Décembre 1887	4 jours (20–23)	8 jours (4–11)	2	1	mm 26,1 le 9	0
Janvier 1888..	8 » (7–14)	3 » (26–28)	3	1	5,1 le 2	0
Février......	5 » (3– 7)	7 » (12–18)	2	1	15,5 le 14	0
Mars........	6 » (28 fév.–4 mars; 19-24)	10 » (9–18)	5	5	18,9 le 10	0
Avril........	3 » (15–17)	13 » (25 mars–6 avril)	11	6	37,9 le 23	1
Mai.........	10 » (5–14)	3 » (19–21)	3	0	18,9 le 1	0
Juin........	6 » (1– 6)	7 » (20–26)	6	3	12,9 le 21	0
Juillet.......	4 » (12–15)	11 » (28 juin–8 juillet)	4	3	27,0 le 16	0
Août........	9 » (6–14)	6 » (28 juillet–2 août)	3	3	14,9 le 2	0
Septembre....	7 » (17–23)	3 » (6– 8)	7	5	16,6 le 30	0
Octobre......	17 » (15–31)	7 » (29 sept.–5 oct.)	2	1	97,6 le 3	2
Novembre....	5 » (23–27)	5 » (10–14)	4	1	19,9 le 29	0
Année.......	17 jours (15–31 octobre)	13 jours (25 mars–6 avril)	52	30	97,6 le 3 octobre.	3

Il est intéressant d'éliminer la durée inégale des mois pour pouvoir les comparer entre eux quant aux caractères de la précipitation. On trouve ainsi dans le tableau suivant pour chaque mois la durée relative de la pluie, soit la fraction donnant le rapport du nombre d'heures de pluie au nombre total d'heures du mois: le nombre moyen d'heures que la pluie a duré, soit le rapport du nombre total d'heures de pluie au nombre de jours de pluie; enfin l'intensité de la pluie, soit le rapport de la quantité d'eau totale tombée dans le mois au nombre d'heures de pluie. Le relevé a été fait également pour les saisons et pour l'année entière.

GENÈVE

Époque.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
Décembre 1887....	0,126	6,27	0mm,84
Janvier 1888.......	0,040	3,75	0,48
Février...........	0,147	6,80	0,72
Mars.............	0,120	4,94	1,01
Avril.............	0,124	3,71	1,20
Mai..............	0,048	3,27	1,39
Juin..............	0,106	4,00	1,03
Juillet............	0,112	3,95	1,60
Août.............	0,077	5,18	1,19
Septembre	0,081	3,87	1,07
Octobre...........	0,095	6,45	2,98
Novembre.........	0,139	5,88	0,87
Hiver.............	0,103	5,95	0,74
Printemps.........	0,097	4,04	1,15
Été..............	0,098	4,24	1,29
Automne..........	0,105	5,33	1,57
Année............	0,101	4,78	1,19

Le tableau suivaut fournit le nombre de jours d'orage à Genève, ainsi que celui des jours où des éclairs ont été

vus à l'horizon sans que le tonnerre fut entendu. Le nombre moyen des jours de tonnerre à Genève est de 25 d'après la moyenne des 30 années 1846 à 1875. Pendant l'année 1888, il est de 26, soit de 1 supérieur à la normale.

ÉPOQUE.	GENÈVE	
	Jours de tonnerre.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1887	0	0
Janvier 1888........	0	0
Février	0	0
Mars	1	1
Avril	3	0
Mai	2	2
Juin...............	5	1
Juillet	6	3
Août	4	2
Septembre..........	3	2
Octobre............	2	0
Novembre..........	0	1
Année	26	12

Il nous reste à résumer les observations de la nébulosité dans les deux stations, la nébulosité étant figurée par une fraction représentant la partie du ciel couverte par les nuages, et pouvant varier de 0.0 à 1.0. Les jours sont classés en jours « clairs, peu nuageux, très nuageux ou couverts, » suivant que la nébulosité moyenne était inférieure aux limites de 0.25, 0.50, 0.75 et 1.00. On trouve en moyenne à Genève 67 jours clairs, 62 jours peu nuageux, 71 jours très nuageux et 165 jours couverts, tandis que les chiffres correspondants pour l'année 1888 sont de 53, 47, 62 et 204. On voit qu'il y a une augmentation excessive de jours couverts au détriment des trois autres catégories, mais surtout des jours clairs

et peu nuageux. La nébulosité moyenne est de 0,69, soit de 7 °/₀ trop forte. Depuis 1853, année dont la nébulosité moyenne était de 0.72, c'est celle qui présente le ciel le plus fortement couvert. Des quatre saisons, une seule, l'automne, fournit une nébulosité moyenne trop faible de 1 °/₀ seulement; la partie du ciel couverte par des nuages est trop forte en hiver de 7 °/₀, au printemps de 10 °/₀ et en été de 12 °/₀. Les seuls mois que l'on puisse réellement qualifier de clairs, sont les mois de mai et d'octobre, qui présentent sur la normale des déficits de 12 et de 20 °/₀.

Le nombre des jours de brouillard est extrêmement élevé; on en compte 86 dans le courant de l'année, dont 54 en hiver, 8 au printemps et 24 en automne. Les mois de janvier et de février en sont particulièrement riches; il y en a 22 pour le premier et 21 pour le second mois.

Nous rencontrons au Saint-Bernard pour la nébulosité le même phénomène que pour les précipitations aqueuses; tandis que dans la plaine le ciel est très couvert, il est plutôt clair à la montagne; la différence d'avec la normale est de 3 °/₀ trop faible. La nébulosité est trop forte en hiver de 4 °/₀, normale au printemps, et trop faible en été de 3 °/₀ et en automne de 10 °/₀. Le mois d'octobre a été particulièrement clair au Saint-Bernard; la différence avec la normale est de 0,30.

État du ciel.

ÉPOQUE.	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou-verts.	Nébu-losité moyenne.	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou-verts.	Nébulo-sité moyenne.
Déc. 1887 .	3	2	3	23	0,80	8	4	5	14	0,61
Janv. 1888.	1	3	4	23	0,83	16	5	2	8	0,34
Février ...	0	3	3	23	0,86	5	3	9	12	0,63
Mars	3	4	3	21	0,76	4	4	4	19	0,69
Avril	1	1	5	23	0,85	2	6	3	19	0,74
Mai.......	12	6	3	10	0,46	8	8	4	11	0,52
Juin......	6	3	9	12	0,61	6	5	5	14	0,60
Juillet	0	6	10	15	0,72	6	5	7	13	0,61
Août......	11	4	8	8	0,47	13	6	1	11	0,47
Septembre.	2	7	8	13	0,65	2	7	7	14	0,67
Octobre ...	11	6	4	10	0,49	18	4	2	7	0,31
Novembre .	3	2	2	23	0,80	12	5	3	10	0,47
Hiver.....	4	8	10	69	0,83	29	12	16	34	0,53
Printemps .	16	11	11	54	0,69	14	18	11	49	0,65
Été.......	17	13	27	35	0,60	25	16	13	38	0,56
Automne ..	16	15	14	46	0,65	32	16	12	31	0,48
Année	53	47	62	204	0,69	100	62	52	152	0,55

GENÈVE

ÉPOQUE.	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1887 ...	1	10	11
Janvier 1888......	9	13	22
Février	5	16	21
Mars............	0	7	7
Avril	0	1	1
Mai	0	0	0
Juin.............	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août.............	0	0	0
Septembre	0	6	6
Octobre..........	0	5	5
Novembre........	3	10	13
Année	18	68	86

SUR LA

POLARISATION ROTATOIRE

DU

CHLORATE DE SOUDE

PAR

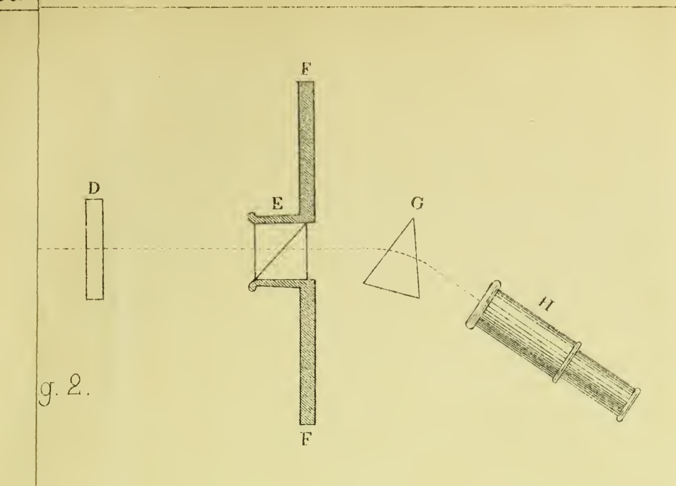
Ch.-Eug. GUYE

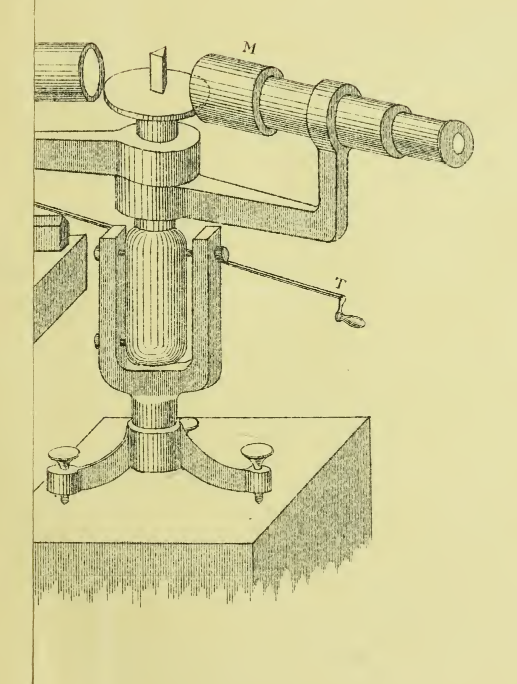
PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION.

En 1854, au cours d'une étude sur la forme cristalline des bromate et chlorate de soude, M. Marbach[1] reconnut dans ces sels l'existence de la polarisation rotatoire. Ce phénomène n'avait pas jusqu'alors été constaté sur des cristaux appartenant au système cubique et les particularités que présentent les corps actifs de cette catégorie étaient entièrement nouvelles. M. Marbach les fit connaître en étudiant le chlorate de soude dont il détermina l'angle de rotation pour les rayons jaunes complémentaires de la teinte sensible.

[1] Marbach, *Annales de Poggendorff*, t. XCIV, p. 412, 1855.





Lith. r. Noverraz et Fils Genève

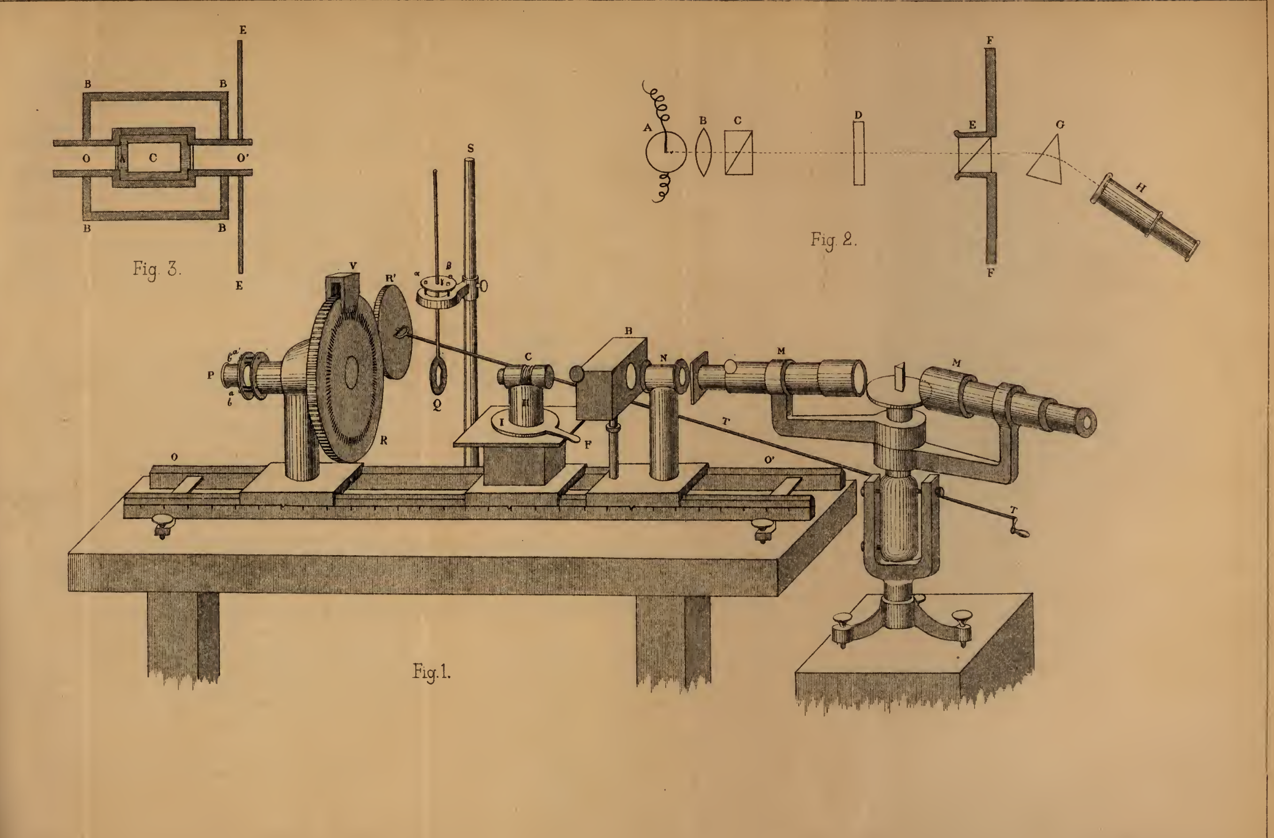


Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 1.

Lith. F. Noverraz et Fils, Genève.

Plus tard, en 1878, M. Sohncke[1] fut amené par des considérations théoriques à rechercher expérimentalement si le pouvoir rotatoire des cristaux du système régulier dépendait de la température. A cette occasion, il mesura l'angle de rotation du chlorate de soude pour les principales raies du spectre lumineux.

Dans le présent travail, je me suis proposé de reprendre ces mesures et de les étendre à la partie ultraviolette du spectre. Il était intéressant d'étudier dans de grandes limites de réfrangibilité, comme on l'a fait pour le quartz, la dispersion rotatoire d'un cristal du premier système.

Les diverses méthodes généralement en usage pour la détermination du pouvoir rotatoire des corps cristallisés ne donnent pas des résultats satisfaisants, lorsqu'on veut les appliquer à des cristaux dont la transparence n'est pas toujours irréprochable et dont le poli s'altère parfois rapidement au contact de l'air humide. Le quartz est peut-être le seul cristal sur lequel on ait jusqu'à présent effectué des mesures vraiment précises.

Sur le conseil de M. le professseur Charles Soret, j'ai entrepris de déterminer le pouvoir rotatoire du chlorate de soude par une méthode de comparaison avec le quartz. Cette méthode, qui s'est montrée avantageuse à plusieurs égards, a permis d'effectuer des mesures dans le spectre ultraviolet jusque dans le voisinage de la raie Cd 18 du cadmium. Qu'il me soit permis de remercier ici M. Soret pour ses précieuses directions, ainsi que pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à la marche de ce travail.

[1] Sohncke, *Annales de Wiedemann*, t. III, p. 516, 1878.

Le dispositif de l'expérience est à peu de chose près le même que celui imaginé par Broch[1] et repris depuis par plusieurs expérimentateurs; il ne sera donc pas inutile d'en rappeler aussi brièvement que possible le principe et les difficultés.

Si l'on fait passer un rayon de lumière parallèle successivement au travers d'un polariseur, d'un canon de quartz taillé perpendiculairement à l'axe, d'un analyseur et d'un prisme réfringent, en raison de l'inégale rotation que subissent les rayons de diverses réfrangibilités par leur passage à travers la lame de quartz, le spectre sera coupé transversalement par des bandes obscures; ces bandes obscures correspondant aux radiations dont les vibrations se trouvent arrêtées par l'analyseur. On remarquera, en outre, que si l'on fait varier la position relative du polariseur et de l'analyseur en faisant tourner soit l'un, soit l'autre, ce ne seront plus les mêmes radiations qui seront éteintes, et l'on verra les bandes noires se déplacer dans le spectre, soit du côté du rouge, soit du côté du violet, le sens de ce déplacement dépendant à la fois du sens du mouvement imprimé aux prismes polarisants et du sens de la rotation de la lame de quartz interposée.

Pour appliquer le dispositif précédent à la mesure du pouvoir rotatoire d'un échantillon de quartz, on placera d'abord le polariseur et l'analyseur à l'extinction après avoir enlevé le quartz; dans cette position l'obscurité est complète; le spectre s'est éteint dans toute son étendue. Puis on interpose le quartz; la lumière réapparaît et l'on fait tourner l'analyseur jusqu'à ce que le milieu d'une

[1] Broch, *Annales de Chimie et de Physique*, 3[me] série, t. XXXIV.

des bandes d'extinction coïncide avec une des raies spectrales. L'angle dont il aura fallu tourner l'analyseur à partir de la position primitive d'extinction (augmenté d'un certain nombre de fois 180°, qu'il est toujours facile de déterminer), sera la mesure de la rotation pour la raie considérée.

Mais cette méthode, appliquée avec avantage au quartz, offre de grandes difficultés qui en limitent beaucoup la précision si l'on veut l'adapter à des cristaux plus petits et moins limpides que le quartz.

Il est très délicat, en effet, d'apprécier le point où le milieu d'une bande d'extinction coïncide avec une des raies solaires. Pour y parvenir, il convient d'amener d'abord la lunette du spectroscope, dans une position telle que son réticule soit bissecté par la raie solaire sur laquelle on veut expérimenter. On l'arrête solidement dans cette position au moyen d'une vis de pression, et c'est alors la coïncidence plus facile à observer du réticule avec le milieu de la bande d'extinction que l'on appréciera.

Cette incertitude de pointé constitue la principale cause d'erreur de la méthode, ainsi que MM. J.-L. Soret et E. Sarasin l'ont déjà remarqué dans leur Mémoire « Sur la polarisation rotatoire du quartz [1]. » Ce Mémoire m'a été d'un très grand secours dans l'exécution de ce travail, et M. le professeur J.-L. Soret, qui a eu l'obligeance de mettre à ma disposition plusieurs instruments, a bien voulu me donner lui-même d'utiles et précieux conseils. Je me fais un devoir de lui en témoigner ici toute ma reconnaissance.

[1] J.-L. Soret et Ed. Sarasin, Sur la polarisation rotatoire du quartz. *Archives des sciences phys. et nat.*, 1882, t. VIII, p. 5.

Modification apportée a la méthode de Broch.

Pour obvier à cette difficulté de pointé qui devient plus sensible encore lorsqu'on opère sur de petites rotations, j'ai placé (comme l'ont fait déjà M. Lütdge[1] et M. von Lang[2]), immédiatement devant l'analyseur et aussi près que possible de la fente du spectroscope, un biquartz dont la ligne de jonction est perpendiculaire à la fente. Seulement ce biquartz, au lieu d'être simple, est formé de deux biquartz prismatiques pouvant glisser l'un devant l'autre, ce qui permet d'en faire varier à volonté l'épaisseur. On ne peut mieux comparer cet appareil pour sa construction qu'à un compensateur de Soleil de grande dimension (17^{mm} d'épaisseur environ), dont la partie supérieure serait lévogyre, tandis que la partie inférieure serait dextrogyre.

Lorsque cette pièce est disposée sur l'appareil de polarisation, l'observateur placé à la lunette verra le spectre divisé longitudinalement en deux parties, formant comme deux spectres superposés et coupés l'un et l'autre par des bandes noires transversales. Il est aisé de concevoir que pour une petite rotation de l'analyseur ou du polariseur, ces bandes d'extinction se déplaceront dans les deux spectres, mais en sens inverse. On pourra donc toujours : 1° en faisant tourner le polariseur, amener une bande de la partie supérieure à se trouver dans le prolongement d'une bande de la partie inférieure, et 2° en modifiant

[1] Lüdtge, *Annales de Poggendorff*, t. CXXXVII, 1869.

[2] Von Lang, *Sitzungsberichte der Wiener Akad.*, t. LXXIV, juillet 1876.

l'épaisseur du biquartz, faire en sorte que les deux bandes en coïncidence occupent telle position que l'on voudra dans le spectre.

Si donc, après avoir établi la coïncidence, on interpose entre le polariseur et l'analyseur un cristal actif, sa rotation s'ajoutera à la rotation de l'une des parties du biquartz et se retranchera de la rotation de l'autre. Les deux bandes d'extinction ne seront plus dans le prolongement l'une de l'autre et l'angle dont il faudra tourner le polariseur pour rétablir la coïncidence donnera la mesure de la rotation due au cristal. La précision du pointé est ainsi notablement augmentée, mais comme il faut commencer par amener les bandes, mises d'abord en coïncidence, sur une raie déterminée du spectre, et que pour cette opération on se trouve exactement dans les conditions ordinaires de la méthode de Broch, l'incertitude se trouve reportée sur la valeur de la longueur d'onde qui correspond à la rotation observée.

Pour éliminer cette difficulté, on répète la mesure sur une lame de quartz d'épaisseur connue, que l'on substitue au cristal sans rien changer au biquartz ni au reste du dispositif. On détermine ainsi sa rotation pour la même radiation, et à l'aide de la formule de Boltzmann [1]

$$\varphi = \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

qui relie l'angle de rotation du quartz par millimètre d'épaisseur et la longueur d'onde de la lumière correspondante, on peut déduire par le calcul la valeur de la longueur d'onde sur laquelle on vient d'expérimenter.

[1] J. Boltzmann, *Annales de Poggendorff*, 1874, Jubelband, p. 128.

En effectuant de la sorte deux mesures dans le voisinage d'une raie spectrale il sera facile de déterminer par interpolation la rotation du chlorate relative à cette raie.

La méthode ainsi modifiée présente une sensibilité plus grande que la méthode de Broch pure et simple, puisque pour un petit mouvement du polariseur les bandes, supérieure et inférieure, se déplacent toutes deux et en sens contraire.

Elle est applicable à toute l'étendue du spectre et n'exige pas la présence de points de repère, tels que les raies de Frauenhofer. En outre, le spectre ultraviolet de la lumière électrique présentant des régions beaucoup plus lumineuses que d'autres, on peut y amener les bandes d'extinction en faisant varier l'épaisseur du biquartz, et faire ainsi les mesures dans les conditions les plus favorables.

Avec cette méthode comme avec celle de Broch, pour arriver au maximum de sensibilité, on peut faire varier et combiner entre eux trois facteurs.

1° La quantité de lumière. — Il y aura toujours avantage à employer une forte lumière, mais ce n'est pas en élargissant outre mesure la fente du spectroscope qu'on y parviendra, car la pureté du spectre diminue à mesure que la fente devient plus large.

2° Expérimenter sur des lames actives de grande épaisseur. — Les bandes d'extinction seront plus nettes et plus rapprochées, se déplaceront, il est vrai, plus lentement pour une même rotation du polariseur qu'avec une lame moins épaisse, mais comme l'a fait remarquer M. Mascart, la mesure sera quand même plus précise, car il sera plus facile de mettre en évidence la différence de rotation entre deux rayons voisins.

3° Augmenter la dispersion. — Dans ce cas, lorsqu'on fera tourner le polariseur, les bandes se déplaceront rapidement le long du spectre; mais, d'autre part, elles seront plus larges, moins distinctes, et il sera plus malaisé d'apprécier la coïncidence d'une bande de la partie supérieure avec la bande de la partie inférieure.

En résumé, il y aura toujours avantage à employer beaucoup de lumière et des lames épaisses, mais il faudra savoir proportionner la dispersion.

Description générale de l'appareil.

(Pl. II, fig. 1)

L'appareil de polarisation est placé tout entier en avant du spectroscope. Les différentes pièces qui le composent sont disposées sur un banc d'optique (OO'). L'analyseur est fixe, le polariseur est mobile. C'est un petit prisme (P) de Foucault monté sur l'axe mobile d'un cercle gradué (R) qui se déplace devant un vernier (V) immobile donnant la minute. L'observateur placé à la lunette du spectroscope peut le faire mouvoir sans quitter sa place à l'aide d'une tige (TT) et d'une roue (R') qui engrène avec la roue (R). La position du polariseur peut être réglée convenablement au moyen des vis ($a\,b$, $a'\,b'$, $a''\,b''$).

Le quartz (Q) est placé sur le support (S). A l'aide des vis ($\alpha\ \beta\ \gamma$) et de la rotation autour de l'axe du support, il est facile d'amener le quartz dans une position quelconque. Ce support permet en outre d'enlever le quartz et de le remettre en place sans difficulté.

En C le cristal renfermé dans une cuve de benzine,

terminée à ses extrémités par des glaces transparentes. Ainsi baigné par la benzine, le cristal peut se conserver indéfininent sans altération et sa transparence est même augmentée par le contact avec le liquide. Cette cuve que l'on doit enlever et remettre en place plusieurs fois au cours d'une même expérience, repose sur un coussinet de cire molle H permettant de l'orienter rapidement en appuyant plus ou moins avec la main et en examinant la position du faisceau de lumière réfléchi par la glace de la cuve. On peut également pour ce réglage s'aider de la plate-forme mobile I sur laquelle est placé le coussinet de cire et que l'on fait mouvoir autour d'un axe vertical au moyen de la manille F.

Derrière cette cuve, immédiatement devant l'analyseur, le biquartz B dont j'ai parlé. En N l'analyseur; un prisme de Nicol. Enfin en MM le spectroscope, réduit sur la figure à ses parties essentielles, et placé aussi près que possible de l'analyseur.

Pour opérer dans la région ultraviolette il est indispensable de sortir le cristal de sa cuve dont la benzine et les glaces absorberaient les rayons de cette partie du spectre. Pour une raison analogue on supprimera le Nicol et l'on remplacera le prisme de flint par un prisme de spath d'Islande tenant lieu à la fois d'analyseur et de prisme réfringent. Il faut également substituer des lentilles de quartz aux lentilles ordinaires du spectroscope; la lentille de la lunette collimatrice est alors compensée, c'est-à-dire formée de deux lentilles plan convexes semblables, mais de quartz de signe contraire, juxtaposées par leur face plane suivant le dispositif décrit..... [1]. Dans ces expérien-

[1] J.-L. Soret, Spectroscope à oculaire fluorescent. *Archives*, 1876, t. LXVII, p. 330.

ces la lunette d'observation est munie d'un oculaire fluorescent à lame d'esculine de M. J.-L. Soret, et c'est sur le spectre ordinaire, à la fois le plus dévié et le plus étalé, que l'on expérimente.

A proximité du spectroscope se trouvait une lunette permettant à l'observateur de faire les lectures sur le cercle gradué du polariseur sans quitter sa place ; elle n'est pas représentée sur la figure. En outre, comme les expériences ont lieu dans l'obscurité, il faut éclairer la division du cercle. On allume à cet effet un bec de gaz et l'on concentre la lumière sur la graduation même du cercle au moyen d'une lentille convergente. Un écran masque à l'observateur la vue directe de la flamme dont l'éclat serait préjudiciable à la sensibilité de l'œil.

Deux sortes de lumière ont été employées dans ces expériences :

1° La lumière solaire réfléchie par le miroir d'un héliostat de Silbermann et introduite dans la chambre d'expérience par une ouverture pratiquée au volet ; cette lumière était concentrée par une lentille en verre de deux mètres de distance focale, placée de telle sorte que l'image du soleil vînt se former sur la fente même du spectroscope. L'héliostat, de marche assez capricieuse, exigeait une remise en place du miroir parfois fréquente.

2° La lumière d'une lampe électrique différentielle de Krizik et Piette, actionnée par le courant d'une machine dynamo-électrique Gramme placée dans les sous-sols de l'Université. Cette lumière plus riche en rayons ultraviolets que celle du soleil, était aussi plus fixe comme position. Dans la lampe de Krizik le charbon positif étant d'un diamètre plus grand que le négatif, l'usure inégale de ces deux charbons est ainsi compensée et l'arc occupe une position à peu près invariable.

Pour concentrer cette lumière j'ai fait usage soit d'une lentille convergente en verre, à court foyer, placée très près des charbons et formant une image réelle de ceux-ci sur la fente du spectroscope, soit pour les mesures dans l'ultraviolet de deux lentilles convergentes en quartz. Dans ce cas l'une, à très court foyer, était placée près des charbons; l'autre, de $1^m,40$ de distance focale, occupait une position intermédiaire entre la première lentille et le polarisateur, de façon à donner le plus de lumière possible sur la fente du spectroscope, tout en maintenant les rayons parallèles.

Ces deux sortes de lumière, solaire et électrique, ont été employées indistinctement; mais par suite de la saison où ces expériences ont été effectuées, c'est la lumière de la lampe qui a servi le plus souvent et notamment pour toutes les mesures dans l'ultraviolet.

Quartz (A) de comparaison.

La lame de quartz devant servir à déterminer la radiation sur laquelle on vient d'expérimenter avec le chlorate de soude, il importe que les mesures faites dans les deux expériences soient comparables entre elles. Aussi ai-je choisi parmi un grand nombre d'échantillons de quartz, une lame de $3^{mm},7$ d'épaisseur environ, dont la rotation était approximativement égale à celle du chlorate de soude de 21^{mm} d'épaisseur. De cette manière les bandes d'extinction étaient sensiblement de même largeur soit que le quartz fût interposé soit que ce fût le chlorate et dans un cas comme dans l'autre l'apparence au spectroscope était la même.

Ce quartz de $3^{mm},7$ d'épaisseur que nous désignerons à l'avenir par la lettre A pour le distinguer d'autres quartz en particulier du quartz n° 4 de MM. Soret et Sarasin présente un parallélisme de faces assez parfait. Je m'en suis assuré par le procédé habituel et très sensible ; j'ai disposé la lame sur un spectroscope en lieu et place du prisme, normalement à la lunette d'observation, et en éclairant cette lunette préalablement réglée pour l'infini, par l'intermédiaire d'un oculaire à glace inclinée j'ai examiné si les images du réticule réfléchies par chacune des faces de la lame, coïncidaient toutes deux avec le réticule lui-même.

Sur une vingtaine d'échantillons qui ont été par la même occasion soumis à cet examen, un seul a donné un meilleur résultat. En particulier le quartz n° 4 qui avait été mis à ma disposition et dont l'angle des deux faces est de 40″ environ, a montré un écartement plus grand des deux images réfléchies. On peut donc en conclure que l'angle que forment entre elles les faces du quartz A est inférieur à 40″.

Je me suis assuré également que les faces de ce quartz étaient suffisamment perpendiculaires à l'axe optique soit par l'observation des anneaux colorés en lumière convergente, soit en disposant la lame sur l'appareil de polarisation et en examinant si la plus grande netteté des bandes d'extinction et leur maximum de déviation apparente dans le spectre correspondait bien à la position dans laquelle les rayons le traversaient normalement.

Mesure indirecte de l'épaisseur de la lame de quartz.

Les expériences de M. Mascart, exécutées sur divers échantillons de quartz avec la lumière du sodium et la lumière du thallium, ont montré des différences très petites de pouvoir rotatoire.

L'angle de rotation de ces différents échantillons s'est trouvé compris entre 21°,713 et 21°,741 pour la lumière du sodium; et avec celle du thallium il a varié de 26°,632 à 26°,699 à la température de 15°.

D'un autre côté, MM. J.-L. Soret et Sarasin, en employant la méthode de M. Mascart, ont trouvé comme angles de rotation de trois échantillons de quartz pour la lumière de la soude 21°,7279, 21°,7255, 21°,7209 à la température de 20°.

On le voit, si ces différences de pouvoir rotatoire ne rentrent pas tout à fait dans les limites des erreurs d'expérience, elles sont du moins extrêmement faibles. Néanmoins j'ai voulu m'assurer que le quartz dont j'avais fait usage ne présentait pas une irrégularité exceptionnelle. J'ai donc mesuré sa rotation pour les lumières du sodium et du thallium, et afin d'éliminer toute erreur pouvant résulter d'une différence de pouvoir rotatoire entre mon quartz et le quartz nº 4 (sur lequel MM. Soret et Sarasin ont obtenu les chiffres qui servent de base à mon travail), j'ai déterminé également la rotation de ce dernier. De cette manière, il a été possible de déduire des rotations observées l'épaisseur qu'aurait le quartz A si son pouvoir rotatoire était identique à celui du quartz

n° 4. C'est cette épaisseur, optique en quelque sorte, qui a été adoptée.

Ces déterminations ont été faites à l'aide d'un prisme à pénombre de M. Cornu. Comme source de lumière j'ai employé les étincelles d'une bobine d'induction excitée par le courant de la machine dynamo-électrique. Ces étincelles jaillissaient entre deux électrodes de platine, dont l'une émergeait d'une solution renfermant un chlorure métallique (de sodium, ou de thallium). Comme on le fait généralement, j'avais entouré cette électrode d'un tube capillaire de façon à maintenir le niveau constant autour d'elle, lors même que la solution se vaporisait peu à peu. De cette manière les étincelles éclataient toujours à la même hauteur, condition essentielle.

La figure 2, Pl. II, représente la disposition générale de l'expérience.

En A, le tube où jaillissent les étincelles; B, lentille collimatrice; C, prisme à pénombre; D, lame de quartz; E, analyseur (prisme de Foucault, déjà mentionné, monté sur l'axe du cercle gradué FF); FF, cercle gradué; G, prisme réfringent; H, lunette d'observation faisant partie d'un spectroscope.

Quelques mesures ont été faites sans prisme réfringent, en visant directement le prisme de Cornu avec la lunette; mais la lumière n'étant pas tout à fait homogène, l'appréciation de l'égalité de teinte, sur laquelle repose la méthode du prisme à pénombre, laissait à désirer.

Avec le prisme réfringent, l'image du prisme de Cornu est presque complètement débarrassée par la dispersion des lumières étrangères qui seraient nuisibles à un pointé exact. On opère ainsi dans des conditions plus favorables.

Pour le réglage de la plaque de quartz sur l'appareil de polarisation, on commence par enlever l'analyseur et le prisme réfringent, et l'on amène la lunette du spectroscope en face du prisme de Cornu, jusqu'à ce que le réticule bissecte le milieu de la ligne de jonction des deux prismes polarisants qui composent le prisme à pénombre.

La lunette, dont l'axe optique est alors parallèle aux rayons incidents, est fixée dans cette position. Puis on intercale la lame de quartz, et par un procédé analogue à celui qui a servi à vérifier le parallélisme de ses faces (page 141), on règle la position du quartz sur l'appareil en examinant l'image réfléchie du réticule. Quand les faces de la lame seront normales à l'axe optique de la lunette, elles seront du même coup perpendiculaires aux rayons incidents. Il ne reste plus alors pour effectuer les mesures qu'à remettre en place l'analyseur et le prisme réfringent.

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats de ces déterminations. Les différentes lectures d'une même expérience ne se sont écartées les unes des autres que d'un petit nombre de minutes. En particulier, pour la dernière expérience, faite avec le quartz A sur la raie du thallium, dans de très bonnes conditions d'éclairage, le plus grand écart a été de 5′ lorsque le quartz était interposé et de 2′ pour le pointé sans quartz.

RAIE DU THALLIUM

Quartz A.

NOMBRE DES LECTURES		Température.	Rotation totale réduite à 20°.	
Position primitive du plan de polarisation.	Position du plan de polarisation avec interposition du quartz.			
10	10	10°,4	100°,641	Sans prisme réfringent.
10	10	11,8	100,741	
10	11	14,2	100,590	
12	12	13,4	100,708	Avec prisme réfringent.
11	10	13,2	100,671	
		Moyenne	100°,6702	

Quartz N° 4.

10	20	13°,7	1583°,277	Avec prisme réfringent.

En divisant la rotation totale du quartz n° 4 à 20° par 59^{mm},37547 son épaisseur[1], on trouve que cet échantillon de quartz dévie le plan de polarisation de la lumière du thallium de 26°,6655 par millimètre d'épaisseur.

D'autre part, M. Mascart a trouvé pour angle de rotation de la lumière du thallium à 15°, 26°,65 qui à 20° devient 26°,6648. La concordance ne peut être plus complète.

Donc, en admettant la valeur 26°,665 comme angle de rotation par millimètre à 20°, nous avons pour épaisseur du quartz A

$$\frac{100,6702}{26,665}=3,7754.$$

[1] Voir Soret et Sarasin, Mémoire, p. 16, 17 et 18.

RAIE DU SODIUM

Quartz A.

NOMBRE DES LECTURES		Température.	Rotation totale réduite à 20°.	
Position primitive du plan de polarisation.	Position du plan de polarisation avec interposition du quartz.			
10	10	9°,7	81°,979	Avec prisme réfringent.
10	10	9,4	81,948	
10	12	10,5	82,028	
Moyenne 81°985				

Il ne m'a pas été nécessaire de mesurer la rotation du quartz n° 4 pour la lumière de la soude; j'ai adopté la moyenne des valeurs trouvées par MM. J.-L. Soret et Sarasin pour les raies D_2 et D_1, soit 21°,710; l'épaisseur du quartz A est donc $\frac{81°,985}{21°,710}=3,7763$.

La moyenne des épaisseurs trouvées ainsi, soit avec la lumière du thallium, soit avec celle du sodium, est $3^{mm},7758$; c'est la valeur définitivement adoptée.

Si nous comparons cette épaisseur à celle obtenue par la mesure directe du quartz sur la machine à diviser (page 147), soit $3^{mm},7774$; nous voyons que l'on est arrivé par deux méthodes totalement différentes à des résultats presque identiques. Cette concordance remarquable prouve une fois de plus combien le pouvoir rotatoire varie peu d'un quartz à l'autre.

Mesure directe de l'épaisseur des cristaux de chlorate et de la lame de quartz.

L'épaisseur des cristaux de chlorate et de la lame de quartz a été déterminée directement sur la machine à diviser de la « Société genevoise pour la construction d'instruments de physique. » M. le professeur J.-L. Soret a bien voulu me diriger dans ces mesures qui ont été effectuées par le procédé des deux aiguilles de M. Mascart. Je rappelle que ce procédé consiste à placer le cristal convenablement orienté entre deux pointes d'aiguilles sur le chariot de la machine à diviser. On fait alors mouvoir le chariot jusqu'à ce que le petit espace compris entre l'une des pointes d'aiguille et son image réfléchie par la face du cristal soit bissecté par le réticule d'un microscope immobile; on note la position correspondante de la vis, puis on déplace le chariot jusqu'à ce que le milieu de l'espace compris entre la pointe de l'autre aiguille et son image réfléchie par l'autre face du cristal soit semblablement bissecté par le réticule. Le déplacement du chariot entre ces deux positions donne l'épaisseur cherchée.

L'épaisseur du quartz, ainsi déterminée a été :

M. J.-L. Soret, 5 observations....	3.7771
Guye, 5 observations....	3.7773

Autre partie de la vis :

Guye, 5 observations..........	3.7777
Moyenne....	3.7774

Chlorate n° 1. Les faces de ce cristal n'ont pas un

beau poli, l'image réfléchie des pointes d'aiguilles n'était pas très nette ; j'ai donc multiplié les mesures, en opérant également sur différentes parties de la vis :

5 observations	21,1429			
5 »	21,1483			
5 »	21,1368	15°,3		
5 »	21,1302		Moyenne 21,1348	
5 »	21,1348			
5 »	21,1376	10°,5		
5 »	21,1463			

Chlorate n° 2. Les réflexions sont presque aussi nettes qu'avec la lame de quartz.

Les chiffres obtenus ont été :

M. Guye,	5 observations	16,5483	
	5 »	16,5483	16,5488
Chapuis,	5 »	16,5497	

Autre partie de la vis : 17°

M. Guye,	5 observations	16,5465	16,5458
Chapuis,	5 »	16,5451	

Moyenne des deux parties de la vis : 16,5473.

Il n'a malheureusement pas été possible de vérifier le parallélisme des faces des cristaux de chlorate par le procédé employé pour la lame de quartz; les surfaces de ces cristaux n'étaient ni assez grandes ni suffisamment réfléchissantes. Cependant des mesures au sphéromètre, faites à différentes places, ont montré que les faces utilisées dans les expériences étaient sensiblement parallèles.

Influence de la température sur le pouvoir rotatoire du chlorate de soude.

Les mesures effectuées par M. Sohncke en vue d'étudier l'influence de la température sur le pouvoir rotatoire du chlorate de soude ont porté sur les trois raies D b F pour lesquelles il a déterminé par la méthode de Broch les angles de rotation à diverses températures, mais particulièrement aux environs de 20° et de 100°. Ces expériences lui ont permis de calculer pour le chlorate de soude, comme cela avait été fait pour le quartz, un coefficient moyen représentant la variation du pouvoir rotatoire avec la température. La valeur obtenue pour ce coefficient est 0.00061, soit 4 à 5 fois celle du coefficient du quartz.

Mais ces résultats suffisants pour le but que se proposait M. Sohncke ne sont plus assez précis pour servir de base à la correction de calculs. L'erreur probable, sur la valeur moyenne de 25 à 30 lectures, atteint dans ces expériences au dire même de l'auteur 0°,5. Le pointé fait à l'aide du biquartz ne donnant dans les mêmes conditions qu'une erreur probable de quelques minutes, il m'a paru intéressant de reprendre par cette méthode la détermination de ce coefficient, afin de savoir s'il fallait modifier sensiblement les résultats obtenus dans les diverses expériences pour ramener ces observations à une température uniforme.

Ces déterminations ont été effectuées sur le cristal n° 2 de 16^{mm} d'épaisseur. La salle d'expérience, chauffée quelques heures d'avance entre 20° et 30° était mainte-

nue à une température aussi uniforme que possible pendant toute la durée d'une même série d'observations, afin d'éviter les erreurs qui peuvent résulter des variations de température du biquartz (voir p. 152). Le dispositif spécial qui permettait de placer le cristal à des températures différentes est donné par la fig. 3, Pl. II, représentant une coupe horizontale faite à la moitié de la hauteur. Le cristal (C) est renfermé dans une cuve remplie de benzine (A) terminée par des glaces transparentes ; cette petite cuve est elle-même placée dans une plus grande (BBBB), vide pendant la première partie de l'expérience, mais que l'on emplira ensuite de glace pilée; elle est percée latéralement de deux ouvertures circulaires O et O′ qui laissent passer de part et d'autre les prolongements de la cuve A. De cette manière la cuve A se trouve garantie de tout contact avec la glace pilée et l'eau provenant de la fusion ne viendra pas ternir ses glaces terminales. Enfin un écran de carton EE empêche qu'il ne se fasse un échange de chaleur rayonnante entre la cuve refroidie et le biquartz placé près d'elle. Quant au reste du dispositif il est exactement le même que dans les autres expériences.

Lorsqu'on juge le cristal en équilibre de température avec l'air ambiant, ce qu'indique un thermomètre appliqué directement contre la cuve, on peut commencer une première série de mesures qui donnera la rotation du chlorate pour une certaine radiation et pour la température indiquée. Cette opération faite, on emplit avec soin la cuve B de glace pilée en veillant scrupuleusement à ne rien changer à son orientation sur l'appareil de polarisation. Il ne reste plus ensuite qu'à déterminer pour la même radiation la rotation à 0° et à calculer la valeur du coefficient cherché au moyen de la formule :

$$\varphi_t = \varphi_0 (1 + \alpha t)$$

où φ_t représente la rotation à $t°$, φ_0 la rotation à 0°, t la température, α le coefficient cherché.

Voici les résultats :

Région du spectre.	Tempé-rature.	Rotation à 0°	Nombre des lectures	Tempé-rature.	Rotation à $t°$	Nombre des lectures	α
Environs de D	0°	51°.53′,4	30	30°,5	52°.52′,7	30	0,000624
» G	0	90. 7,5	30	30,9	91.43,8	30	0,000576
» [1] L	0	125.17	30	22,7	126.55,2	30	0,000575
» L	0	125.34,8	30	26,5	127.28,3	30	0,000568
Valeur moyenne de $\alpha = 0,000586$							

Comme on le voit à l'inspection de ces chiffres, la valeur du coefficient paraît aller en diminuant du rouge au violet, mais les différences entre les diverses valeurs de α sont si petites qu'elles peuvent très bien rentrer dans les limites des erreurs. J'ai donc adopté la valeur moyenne $\alpha = 0,000586$.

En résumé, si dans ces déterminations la précision du pointé est plus grande que dans les expériences de M. Sohncke, d'autre part, les limites de température sont plus restreintes. En second lieu le thermomètre n'étant pas en contact direct avec le liquide qui baignait le cristal, il reste quelque incertitude sur la température supé-

[1] Ces deux dernières expériences ont été faites avec les lentilles de quartz et le prisme de spath, mais l'analyseur était comme pour les mesures dans le spectre lumineux, un prisme de Nicol.

rieure; les résultats obtenus n'ont donc pas toute la précision qu'on pourrait attendre de la méthode du biquartz appliquée dans de meilleures conditions, mais sont cependant suffisants pour la correction de mes observations.

Causes d'erreur.

La méthode du biquartz n'étant en définitive qu'une variante de celle de Broch, nous y retrouvons un certain nombre des causes d'erreur inhérentes à cette méthode. Ce sont notamment le défaut de parallélisme des rayons incidents; le défaut de parallélisme des faces du quartz qui peuvent en outre ne pas être taillées tout à fait perpendiculaires à l'axe optique; l'orientation défectueuse du quartz qui fait que les rayons lumineux le traversent obliquement.

Toutes ces causes d'erreur ont été déjà étudiées et même calculées, il serait superflu d'y revenir; rappelons seulement qu'en opérant soigneusement et dans de bonnes conditions on les rend à peu près insignifiantes, relativement à l'incertitude du pointé. Voyons maintenant quelles causes d'erreur peut introduire la présence du biquartz.

Tout d'abord on comprendra aisément que le biquartz étant destiné à remplacer le pointé habituel avec le réticule, toute cause qui tendrait à faire varier au cours d'une même expérience la rotation due au biquartz, déplacerait le pointé dans cette méthode, absolument comme un déplacement du réticule dans la méthode ordinaire. Supposons par exemple que pendant une expérience la température du biquartz s'élève progressivement, soit par suite d'une variation de la température ambiante, soit par

l'échauffement qui peut résulter à la longue du passage de la lumière. Ce changement de température, en modifiant le pouvoir rotatoire du quartz déplacera le pointé du côté du rouge, absolument comme si l'on avait augmenté l'épaisseur du biquartz. On voit donc que dans ce cas les lectures faites au commencement et à la fin de l'expérience auront porté sur des radiations différentes.

Pratiquement cette cause d'erreur a été négligeable et cela pour deux raisons : 1° les variations de la température ambiante n'ont guère dépassé 0°,5 dans une même expérience. Par suite de la mauvaise conductibilité du quartz pour la chaleur ces variations n'ont pas dû atteindre cette limite à l'intérieur du biquartz.

2° La lumière étant successivement tamisée avant son entrée dans le biquartz par la lentille de concentration de verre, corps très absorbant pour les rayons calorifiques obscurs et par le prisme polarisant, ne devait plus être très riche en rayons chauds. Quant aux mesures faites dans l'ultraviolet pour lesquelles on a employé les lentilles de concentration en quartz, il est évident que la plus grande partie des radiations que le biquartz aurait été susceptible d'absorber et par conséquent qui auraient pu élever sa température étaient retenues par les lentilles de concentration de même substance. Le biquartz devait être presque complètement diathermane pour le faisceau épuré qui le traversait.

Du reste, si l'échauffement du biquartz avait été appréciable, la rotation observée pour la lame de quartz A aurait toujours été plus faible à la fin d'une expérience qu'au commencement, puisque par suite de l'élévation continue de la température du biquartz la bande d'extinction se serait déplacée peu à peu du côté du rouge et

qu'on aurait ainsi mesuré sa rotation à la fin de l'expérience pour une radiation moins réfrangible.

Or, si l'on fait la moyenne des premières lectures d'une expérience et la moyenne des dernières (et cela pour un certain nombre d'expériences), en comparant les résultats on trouve que la différence entre ces deux moyennes est tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, ce qui montre clairement que cette cause d'erreur est négligeable, eu égard aux autres erreurs de la méthode. Quant aux petites imperfections qui pourraient exister dans la construction du biquartz et à son orientation quelque peu défectueuse sur l'appareil, ce ne sont pas apparemment des causes d'erreurs, puisque ces conditions restent les mêmes pendant toute la durée d'une expérience.

En terminant ce paragraphe, signalons un dernier point qui n'est pas à négliger ; je veux parler du parallélisme des glaces de la cuve qui renferme le cristal. Si ces glaces n'étaient pas des lames à faces parallèles et n'étaient pas de plus à peu près parallèles entre elles, le rayon lumineux serait dévié en passant à travers la cuve comme au travers d'un prisme, et à sa sortie, il pénétrerait dans le biquartz sous une incidence un peu oblique. L'épaisseur de quartz traversée dans ce cas serait plus grande que lorsque les rayons lumineux tombent normalement sur le biquartz et les conditions du pointé seraient modifiées.

Il était facile d'éclaircir ce point en examinant si la cuve disposée sur un spectroscope déviait les rayons lumineux.

Considérations sur l'exactitude de la méthode et des résultats.

Nous avons vu précédemment que le pointé avec le biquartz était plus sensible qu'avec la méthode ordinaire; l'écart entre les lectures extrêmes d'une même expérience est beaucoup moindre. Aux environs de la raie D, par exemple : l'écart entre deux lectures extrêmes est en général de 30′ à 40′ et l'erreur probable de la moyenne de 30 lectures varie entre 1′ à 2′; elle est de 2′ à 3′ lorsqu'on intercale le chlorate de soude. Aux environs de L l'erreur probable est de 2′ à 3′ avec le biquartz seul et de 4′ à 5′ avec le chlorate sur une rotation totale de 162° 37′.

Comparons les résultats obtenus par ce mode de pointé à ceux d'une expérience dans laquelle le pointé a été effectué par la méthode ordinaire, c'est-à-dire par la coïncidence du réticule de la lunette avec le milieu d'une bande d'extinction. Pour rendre cette dernière expérience comparable aux précédentes, j'ai placé également le biquartz sur le trajet des rayons lumineux. De cette façon, la rotation totale étant la même, les bandes d'extinction avaient exactement même largeur et même apparence. L'écart entre les lectures extrêmes a été dans ces conditions, aux environs de la raie D, de 2° et l'erreur probable de la moyenne arithmétique de 3′ à 4′.

On peut donc conclure qu'en ce qui concerne le pointé et d'une manière générale, la méthode du biquartz est plus précise que la méthode ordinaire, puisque les autres causes d'erreur sont sensiblement les mêmes, dans

les deux méthodes et que l'erreur sur le pointé y est l'erreur principale. Mais d'autre part, comme elle laisse une incertitude complète sur la longueur d'onde de la radiation, si l'on veut déterminer cette radiation ou calculer la rotation pour une lumière de longueur d'onde donnée, on introduit dans les calculs l'infériorité du pointé de la méthode de Broch, puisque en définitive les résultats sur lesquels s'appuie ce calcul ont été obtenus par elle. Néanmoins les valeurs de la rotation du chlorate ainsi calculées offrent une exactitude plus grande que s'ils avaient été obtenus directement par la méthode de Broch ; n'oublions pas en effet que les conditions dans lesquelles la méthode de Broch a pu être appliquée au quartz lui donnent une certitude qu'on ne serait pas en droit d'attendre de son application directe à la mesure du pouvoir rotatoire de cristaux moins avantageux. C'est essentiellement en ce point que réside l'avantage du biquartz

---

DEUXIÈME PARTIE

MESURES

Réglage de l'appareil

En premier lieu il faut régler le spectroscope, c'est-à-dire disposer les axes optiques des lunettes perpendiculairement à l'axe de rotation ou ce qui revient au même,

à l'arête du prisme; les vis qui permettent ce réglage ne sont pas représentées sur la figure. Cette opération faite, on place l'appareil dans la position qu'il devra occuper et au moyen des vis calantes de son pied, on amène la lunette collimatrice dans le prolongement du rayon de lumière qui part de la lampe.

On introduit alors le banc d'optique qu'il est facile de régler également parallèle au faisceau lumineux. Puis on dispose les unes à la suite des autres les différentes pièces qui composent l'appareil de polarisation et que l'on règle aisément en examinant les réflexions.

D'abord le Nicol analyseur, puis le biquartz. Il est essentiel dans le réglage de cette dernière pièce que la surface de séparation des quartz de signe contraire qui la composent, soit bien parallèle aux rayons incidents; autrement il se produit sur cette surface une réflexion qui trouble la netteté de la coïncidence des bandes d'extinction observées au spectroscope. Enfin le polariseur est amené dans la position convenable à l'aide des vis $a\ a'\ a''$ $b\ b'\ b''$.

Mesures.

L'expérience était généralement conduite de la manière suivante.

En faisant varier l'épaisseur du biquartz on amène une bande d'extinction dans la région du spectre où l'on désire effectuer la mesure.

On détermine la position primitive du plan de polarisation par une première série de 10 lectures en ayant soin de faire chaque fois tourner le polariseur de 180° pour éliminer les erreurs d'excentricité du cercle gradué.

Puis on interpose le cristal et sa cuve convenablement orientés et l'on effectue de même une série de 10 lectures. Enfin on substitue au cristal la plaque de quartz, pour déterminer également par 10 lectures la position du polariseur correspondant à la coïncidence des deux bandes d'extinction.

On alterne ainsi ces trois sortes de pointé (en général trois fois) de manière à avoir 30 lectures pour le pointé avec le biquartz seul, 30 avec l'interposition du chlorate, et 30 avec celle du quartz.

On note également la température à plusieurs reprises et c'est là que se borne toute la partie expérimentale.

Calcul de l'expérience

Pour chacune de ces trois séries d'observations le calcul donne la position moyenne du plan de polarisation. On peut, en tenant compte des signes des lames interposées et du sens dans lequel on a tourné le polariseur, déduire les rotations qui leur correspondent.

Mais une règle simple permet d'éviter toute confusion dans la détermination de ces rotations. Soit une circonférence ; je place aux extrémités d'un diamètre horizontal A A′ les deux lectures moyennes, à 180° l'une de l'autre, qui correspondent au pointé avec le biquartz seul, et j'intercale approximativement sur deux autres diamètres B B′ et C C′ les lectures relatives aux mesures avec le quartz et avec le chlorate, en faisant en sorte que les nombres de degrés aillent en croissant si l'on parcourt la circonférence dans le sens ABCA′.

Cela étant, si l'on a reconnu une fois pour toute que

A B représente la rotation du quartz qui est (dextrogyre), celle d'un cristal levogyre devra être comptée à partir de A' (ce sera A'C dans le cas du chlorate). Au moyen de cette construction on voit d'emblée quels sont les nombres que l'on doit soustraire les uns des autres pour obtenir les rotations.

Veut-on connaître maintenant sur quelle radiation l'on a opéré, il convient alors de réduire la rotation du quartz à la température de 20°, température à laquelle sont ramenées les mesures qui servent de base à ce travail. Le choix de la formule de réduction importe peu; les différences entre les résultats obtenus avec les diverses formules, même pour le spectre ultra-violet, sont négligeables vis-à-vis des erreurs probables de la méthode. Néanmoins j'ai employé pour toutes les réductions à la température uniforme de 20° la formule donnée par M. Sohncke, $\varphi_t = \varphi_0(1 + 0.0000999t + 0.000000318t^2)$, considérée comme donnant de bons résultats à des températures assez différentes, et qui est également applicable à tout le spectre visible.

Cette réduction faite, on substituera la valeur obtenue dans la formule $\varphi = \frac{B}{10^6\lambda^2} + \frac{C}{10^{12}\lambda^4}$ [1], et l'on

[1] Les valeurs des constantes B et C calculés par MM. Soret et Sarasin d'après leurs observations pour les différentes régions du spectre sont les suivantes :

		B	C
De A à O	(calculée entre D et O	7,1082930	0,1477086
O à Q		7,0102976	0,1593089
Q à Cd 17		6,9835270	0,1621992
Cd 17 à Cd 18		6,7501984	0,1798024
Cd 18 à Cd 24		6,4385328	0,2004084
. . . .		. . . . .	. . . . .

déduira la valeur correspondante de la longueur d'onde en millionièmes de millimètre.

Mais cette valeur de λ est entachée d'une petite erreur.

Il est à remarquer, en effet, que la formule

$$\varphi = \frac{B}{10^6 \lambda^2} + \frac{C}{10^{12} \lambda^4}$$

qui sert au calcul est une formule empirique qui représente, il est vrai, très bien la variation du pouvoir rotatoire du quartz avec la réfrangibilité. Mais les coefficients B et C, calculés pour deux valeurs de φ et de λ ne sont plus exacts pour les valeurs intermédiaires, aussi est-il préférable de faire subir aux valeurs de λ trouvées directement par cette formule une petite correction, obtenue de la manière suivante.

Si l'on substitue dans la formule les valeurs de φ trouvées par MM. Soret et Sarasin pour les principales raies (et nous avons choisi autant que possible celles qui sont relatives au quartz n° 4, comme présentant une certitude plus grande), on obtient des valeurs de λ un peu différentes de celles qu'on trouverait si la formule représentait exactement la dispersion rotatoire constatée par l'expérience.

Le tableau suivant renferme ces différences pour les principales raies :

	Longueur d'onde.	Différence.
a	718.36	— 0,76
B	686,71	+ 0,17
C	656,21	+ 0,05
D	589,513	—
	588,912	—
E	526,913	+ 0,16
F	486,074	+ 0,16
h	410,12	+ 0.04
M	372,62	+ 0,05
O	344,06	—
P	336,00	— 0,14
Q	328,58	—
R	317,98	+ 0,06
Cd 17	274,67	—

On le voit, ces différences sont presque insignifiantes, sauf dans la région la moins réfrangible, où l'angle de rotation varie très lentement avec la longueur d'onde, et pour laquelle la formule ne donne pas des résultats satisfaisants. Dans cette région du spectre, une petite erreur sur la rotation entraîne donc une erreur appréciable sur la valeur de la longueur d'onde.

Après avoir construit graphiquement une courbe de correction en prenant comme abscisses les longueurs d'onde exprimées en millionièmes de millimètres, et comme ordonnées les différences correspondantes exprimées en 0,01 de millionième de millimètre, qui sont données dans le tableau ci-dessus, j'ai corrigé par interpolation les valeurs de λ, tirées directement des formules et relatives à mes observations.

Le calcul se simplifie beaucoup si, au lieu de déterminer à quelle longueur d'onde se rapporte une rotation observée, on cherche quelle sera la rotation du chlorate

pour une radiation donnée. C'est le problème qu'il faudra résoudre, si l'on désire déterminer l'angle de rotation du chlorate de soude pour les principales raies spectrales.

Il suffit de choisir deux mesures faites de part et d'autre d'une raie déterminée et aussi rapprochées que possible de cette raie. Ces mesures étant réduites à une température uniforme, on fait pour chacune d'elles le rapport de la rotation du quartz à celle du chlorate. Or, ce rapport varie très peu d'une extrémité du spectre à l'autre ; on peut donc, sans erreur appréciable, admettre qu'entre deux positions très voisines cette variation a lieu suivant une droite. Une simple interpolation nous donnera la valeur cherchée.

Soit, par exemple, à déterminer l'angle de rotation du chlorate de soude pour la raie F.

Deux mesures faites dans des régions voisines nous donnent, après réduction à 20°,

	1re Mesure.	Raie G.	2me Mesure
Angle de rotation du quartz	32,310	32,749	37,753
» » chlorate	4,616	x	5,361

$$32{,}749 - 32{,}310 = 0{,}439$$
$$37{,}753 - 32{,}310 = 5{,}443$$
$$5{,}361 - 4{,}616 = 0{,}745$$

$\frac{0{,}745}{5{,}443}$ = variation de l'angle de rotation du chlorate pour une variation de 0°,001 de l'angle de rotation du quartz.

$\frac{0{,}745 \times 0{,}439}{5{,}443}$ = variation de l'angle de rotation du chlorate pour une variation de 0°,439 de l'angle de rotation du quartz.

$$\text{Angle de rotation cherché} = 4{,}616 + \frac{0{,}745 \times 0{,}439}{5{,}443} = 4^\circ{,}676$$

C'est par ce procédé qu'ont été calculées les valeurs des angles de rotation des deux cristaux pour les principales raies du spectre lumineux et du spectre ultra-violet, qui figurent dans le dernier tableau.

Il est à remarquer que chacune des deux mesures sur lesquelles repose ce calcul étant la moyenne de 30 observations, la valeur de la rotation pour F se trouve déduite de 60 lectures.

Pour que cette méthode soit appliquée dans les conditions les plus avantageuses, il faut que les mesures soient, comme nous l'avons vu, très rapprochées de la raie considérée, afin d'éliminer le doute sur la nature de la courbe représentant les rapports des rotations du quartz et du chlorate. Mais dans le spectre ultra-violet, il est préférable avant tout d'effectuer les mesures dans des régions aussi lumineuses que possible.

Lorsqu'au lieu d'une seule mesure de chaque côté de la raie considérée, il s'en trouvait plusieurs très voisines les unes des autres, je les ai réunies en une seule en prenant la moyenne et en tenant compte du nombre des lectures de chacune; c'est alors cette moyenne qui a servi de base à l'interpolation.

Un exemple montrera combien le rapport des angles de rotation du quartz et du chlorate varie lentement, particulièrement dans le spectre lumineux. Supposons que nous voulions déterminer la rotation du chlorate n° 1 pour la raie E; on pourra interpoler en choisissant comme premières mesures les rotations 27°,187 (moyenne de 27°,668, 26°,944, 26°,950), et pour le chlorate 3°,879 (moyenne de 3°,845, 3°,853, 3°,940), et pour secondes mesures 32°,424 et 4°,649. On obtient ainsi pour la rotation de E 3°,930. Mais on aurait pu égale-

ment interpoler entre 27°,187 et 21°,710, moyenne des mesures faites aux environs de D; on trouve alors 3°,927.

Enfin, si l'on interpole entre 21°,710 et 32°,424, c'est-à-dire en s'appuyant sur des mesures faites, l'une aux environs de D, l'autre aux environs de F, on a comme résultat 3°,953. On le voit, la différence des résultats obtenus par ces trois manières d'interpolation est très petite, bien que les mesures choisies pour servir de base à ces calculs soient très distantes de la raie E.

RÉSULTATS.

Le premier des tableaux qui résument ce travail contient une série de mesures effectuées sur le chlorate n° 1 de 21^{mm} d'épaisseur; dans ces expériences, le cristal, même pour la partie la plus réfrangible, était enfermé dans sa cuve de benzine; les valeurs pour lesquelles les longueurs d'ondes ont été calculées sont celles qui offrent le plus de certitude.

Le deuxième tableau donne les résultats d'une seconde série faite uniquement dans l'ultra-violet sur les deux cristaux à l'air libre. Plusieurs de ces observations ont porté simultanément sur les deux chlorates et sont par conséquent comparables.

Dans le troisième tableau sont consignées les mesures faites dans le spectre lumineux sur le chlorate n° 2 de 16^{mm} d'épaisseur dans des conditions analogues à celles de la première série.

J'ai réuni dans le quatrième tableau un certain nombre de mesures éparses faites sur le chlorate n° 2 aux environs de la raie D, dans des conditions différentes et à des températures très diverses.

Il est à remarquer que les chiffres contenus dans la dernière colonne sont en général plus forts pour les expériences faites à température élevée. Par conséquent, dans la réduction des rotations du chlorate à la température uniforme de 20°, on a retranché un nombre un peu trop fort de la rotation observée, le coefficient choisi est donc trop grand ou bien il existe une erreur systématique sur l'indication de la température, et le coefficient n'est plus applicable.

Enfin le dernier tableau contient les valeurs des angles de rotation des deux cristaux, calculées par interpolation pour les principales raies spectrales.

La valeur de l'angle de rotation du quartz, qu'il est nécessaire d'introduire dans le calcul pour obtenir la rotation correspondante du chlorate (voir page 162) a été naturellement autant que possible celle relative au quartz nº 4 sauf pour les raies B, K, L, N, Cd 10, Cd 11, Cd 12 marquées d'une astérisque, MM. Soret et Sarasin n'ayant pas déterminé le pouvoir rotatoire de cet échantillon pour ces radiations. J'ai donc eu recours aux valeurs que ces expérimentateurs ont obtenues sur un autre échantillon, désigné dans leur mémoire (quartz nº 2) dont le pouvoir rotatoire était du reste très peu différent de celui du quartz nº 4.

Pour la raie M, qui se trouve dans une région peu lumineuse du spectre ultra-violet de la lumière électrique, l'interpolation n'a pas porté sur les mesures les plus proches, mais sur deux mesures faites, l'une aux environs de L, l'autre près de N, et qui offraient une plus grande garantie d'exactitude.

1er Tableau.

Chlorate nº 1.

RÉGION DU SPECTRE	Longueur d'onde en millionièmes de millimètres.	Angle de rotation du quartz A réduit à 20°	Tempér. de l'exp. degrés centigr.	Angle de rotation du chlorate de soude — observé	Angle de rotation du chlorate de soude — réduit à 20°	Rapport des angles de rotation du quartz et du chlorate à 20°	Nombre des lectures — Pointé	Nombre des lectures — Quartz	Nombre des lectures — Chlorate
Environs de *a*	717,69	14°,325	15°	2°,068	2°,074	6,908	30	30	22
» *a*		14,326	21,1		2,078	6,893	12	22	12
» B	678,89	16,125	17,4	2,318	2,322	6,945	38	34	36
» B		17,521	21,5		2,534	6,914	10	10	10
» C	650,73	17,614	20,6	2,559	2,558	6,887	30	30	30
» D	590,89	21,570	17,6	3,104	3,108	6,940	30	22	30
» D	590,82	21,576	19	3,104	3,106	6,948	30	20	30
» D		21,721	10		3,126	6,949	30	30	30
» D		21,974	20,5		3,154	6,966	20	20	20
» E	532,35	26,944	17,6	3,840	3,845	7,007	30	22	30
» E	532,30	26,950	14,5	3,841	3,853	6,994	30	30	30
» E		27,668	20,5		3,940	7,022	20	20	20
» F	489,07	32,324	13,7	4,587	4,604	7,021	30	30	30
» F		32,954	21,5		4,734	6,961	10	10	10
» G	428,34	43,147	14,5	6,055	6,075	7,103	30	30	30
» H	407,15	48,266	13	6,756	6,783	7,115	30	30	26
» L	384,02	55,008	13,4	7,656	7,686	7,157	40	40	40
» L	383,14	55,292	13,4	7,706	7,735	7,148	30	30	30
» M	372,70	58,846	13,8	8,121	8,150	7,221	30	30	30
» N	357,41	64,705	13,9	8,865	8,896	7,274	20	20	20
» N	356,53	65,069	14	8,844	8,875	7,332	30	30	30
» O	345,26	70,025	13,9	9,455	9,489	7,380	20	20	20

IIme Tableau.

Chlorate n° 1 et Chlorate n° 2.

RÉGION DU SPECTRE	Longueur d'onde en millionièmes de millimètre	Angle de rotation du quartz A à 20°	Température en degrés centigrades	Angle de rotation observé		Angle de rotation réduit à 20°		Rapport des angles de rotation du quartz et du chlorate à 20°		Nombre des lectures		
				Chlor. n° 1	Chlor. n° 2	Chlor. n° 1	Chlor. n° 2	Chlor. n° 1	Chlor. n° 2	Pointé	Quartz	Chlorate
Environs de L	384,27	54°,928	12,8	7°,652	7°,668	7°,684	7°,700	7,149	7,134	30	30	60
« L	384,01	54,996	15,8		7,639		7,657		7,182	»	«	30
» M	373,52	58,554	10,7	8,088	8,111	8,132	8,155	7,201	7,180	»	»	60
» N	356,36	65,142	11,9		8,878		8,920		7,303	»	»	30
» P	339,31	72,852	12,1	9,799	9,804	9,844	9,849	7,401	7,397	»	»	60
» P	333,68	75,745	10,7	10,093	10,064	10,148	10,118	7,464	7,486	»	»	60
» Q	323,31	81,617	11,9		10,787		10,838		7,531	»	»	30
» R	306,45	92,789	13,1	11,921		11,969		7,753		»	»	30
» t	299,18	98,300	12,8	12,396	12,451	12,448	12,503	7,897	7,862	»	»	60
» Cd. 17	282,70	112,779	12,2	13,426		13,487		8,362		»	»	30
» Cd. 17	277,70	117,84	11		13,901		13,973		8,433	»	»	30
» Cd. 18	250,38	153,71	11,6		14,965		15,038		10,221	»	»	30

IIIme Tableau.

Chlorate n° 2.

RÉGION DU SPECTRE	Longueur d'onde en millionièmes de millimètre	Angle de rotation du quartz A réduit à 20°	Température en degrés centigr.	Angle de rotation du chlorate de soude n° 2 observé	Angle de rotation du chlorate de soude n° 2 réduit à 20°	Rapport des angles de rotation du quartz et du chlorate à 20°	Nombre des lectures Pointé	Nombre des lectures Quartz	Nombre des lectures Chlorate
Environs de *a*	708,87	14°,718	12°,2	2°,118	2°,128	6,917	30	30	30
» C	662,77	16,952	11,7	2,436	2,448	6,925	»	»	»
» D	589,41	21,685	13,5	3,122	3,134	6,921	»	»	»
» D		21,721	10	3,120	3,138	6,921	»	»	»
» E	530,96	27,090	13,5	3,881	3,896	6,954	»	»	»
» F	489,17	32,310	10,1	4,590	4,616	6,999	»	»	»
» G	455,32	37,753	10,1	5,331	5,361	7,042	»	»	»
» H	407,13	48,272	13,5	6,751	6,777	7,123	»	»	»

IVme Tableau.

Chlorate n° 2.

Angle de rotation du quartz réduit à 20°	Angle de rotation du chlorate réduit à 20°	Température en degrés centigrades.	Rapport des angles de rotation du quartz et du chlorate à 20°
21,509	3,073	27°,8	7,000
21,536	3,066	26	7,024
21,536	3,106	3,7	6,935
21,685	3,134	13,5	6,921
21,721	3,138	10	6,921
21,953	3,130	27,8	7,014
21,960	3,145	26	6,987
22,023	3,176	5	6,935

Vme Tableau.

Raies	Angle de rotation à 20° Chlor. nº 1	Angle de rotation à 20° Chlor. nº 2	Différence	Valeur moyenne définitive de l'angle de rotation à 20°	Rapport des angles de rotation du quartz et du chlorate
a	2°,071	2°,068	+ 0,003	**2°,070**	6,9075
*B	2,270	2,276	— 0,006	**2,273**	6,9274
C	2,507	2,499	+ 0,008	**2,503**	6,9145
D_2	3,121	3,135	— 0,014	**3,128**	6,9361
D_1	3.125	3,139	— 0,014	**3,132**	6,9362
E	3,930	3,958	— 0,028	**3,944**	6,9820
F	4,664	4,676	— 0.012	**4,670**	7,0127
G	5,997	6,013	— 0,016	**6,005**	7,0888
h	6,677	6,673	+ 0,004	**6,675**	7,1149
H	7,178	7,170	+ 0.008	**7,174**	7,1344
*K	7,309	7,302	+ 0,007	**7,306**	7,1387
*L	7,775	7,769	+ 0,006	**7,772**	7,1571
M	8,160	8,155	+ 0,005	**8,158**	7,2170
Cd 9	8,686	8,686	0,000	**8,686**	7,2794
*N	8,834	8,837	— 0,003	**8,836**	7,2951
*Cd 10	9,438	9,440	— 0.002	**9,439**	7,3582
O	9,560	9,576	— 0,016	**9,568**	7,3775
*Cd 11	9,800	9,800	0,000	**9,800**	7,3927
P	10,026	10,011	+ 0,015	**10,019**	7,4451
Q	10,453	10,468	— 0,015	**10,461**	7,5134
*Cd 12	10,652	10,696	— 0,044	**10,674**	7,5379
R	11,136	11,175	— 0,039	**11,155**	7,6191
Cd 17	14,081	14,069	+ 0,012	**14,075**	8,6013
Cd 18		14,727		**14,727**	9,7256

Coefficient de réduction pour la température $\alpha =$ **0,000586**.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

CH.-ED. GUILLAUME. TRAITÉ PRATIQUE DE LA THERMOMÉTRIE DE PRÉCISION (Paris, Gauthier-Villars et fils, 1889).

Nous tenons à signaler tout de suite à nos lecteurs cet excellent traité dont l'importance et l'utilité n'échapperont à personne et qui constituera un guide précieux pour tous ceux, si nombreux dans les sciences d'observation, qui doivent avoir recours aux méthodes thermométriques précises.

L'étude et le contrôle des instruments et des procédés employés pour la mesure des températures s'impose tellement pour tout ce qui a trait aux mesures, en particulier à la construction et à l'emploi des règles-étalons, que ce sujet devait forcément fixer dès le début l'attention des savants attachés au Bureau international des poids et mesures et accaparer une portion importante de leurs recherches. C'est ce qui est arrivé en effet et dans la somme déjà considérable de travaux scientifiques que nous avons vu sortir des laboratoires du pavillon de Breteuil, les études relatives à la thermométrie occupent le premier rang. Nous devons en particulier à MM. Broch, Benoît, Chappuis et Guillaume une série de monographies très soignées, insérées dans les *Mémoires et Travaux du Bureau international*, reproduites en partie dans les *Archives*, lesquelles ont fait faire déjà des progrès marqués à cette branche de la science et l'ont fixée dès à présent dans ses traits essentiels. C'est l'un de ces savants qui vient aujourd'hui pour notre plus grand profit et avec toute l'expérience qu'il a acquise en ces matières au Bureau international, nous donner le dernier mot

de la science sur les procédés et les méthodes dont ses collègues et lui ont fait l'objet constant de leurs investigations.

C'est dire que ce traité dû à une plume des plus compétentes contient toutes les données pratiques essentielles sur la construction, l'emploi, les causes d'erreur et corrections des thermomètres, spécialement des thermomètres à mercure. En outre l'auteur est entré dans de plus amples développements sur les résultats expérimentaux de quelques-unes des recherches les plus récentes, celles par exemple de M. Chappuis sur le thermomètre à gaz et la comparaison des thermomètres à mercure avec le thermomètre à gaz[1] ou encore l'étude de certains phénomènes secondaires influant sur la marche des thermomètres tels que les déformations permanentes et résiduelles, variations de l'intervalle fondamental, variations du calibre, influence de la composition du verre sur ces phénomènes[2], erreurs dues à la capillarité, etc., etc.

Mais nous ne pouvons analyser ici ce beau volume. Nous devons nous borner à en recommander l'étude approfondie à tous ceux que ces questions intéressent. E. S.

CHIMIE

H. ZÜRCHER. ACTION DES SULFOCYANATES ET DE LA SULFO-URÉE SUR LES ÉTHERS ACÉTIQUES CHLORÉS. (*Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 250, p. 281. Zurich.)

En faisant agir le sulfocyanate de baryum sur le dérivé monochloré de l'éther acétacétique, l'auteur espérait pouvoir isoler le sulfocyanate

$$\begin{array}{rcl} COOC_2H_5CH & — & S \\ | & & | \\ CH_3.CO & & C \\ & /\!/\!/ & \\ & N & \end{array}$$

[1] *Archives*, 1888, tome XX, p. 5, 153 et 248.

[2] Voir Recherches sur le thermomètre à mercure par M. Guillaume. *Archives*, 1886, tome XVI, p. 517, et 1887, tome XVII, p. 19.

mais ce corps se transforme immédiatement en un dérivé du thiazol

$$\begin{array}{lcl} COOC_2H_5\text{—}C & \text{———} & S \\ \qquad\qquad \| & & | \\ \qquad CH_3C & & COH \\ & \diagdown \;\; /\!/ & \\ & N & \end{array}$$

éther de l'acide méthyloxythiazolcarbonique qui donne, avec l'hydroxylamine, des prismes fusibles à 215—220°,

$$C_{10}H_{10}O_5N_4S_2,$$

et dont l'acide fond vers 100°. La thio-urée réagit de même sur l'éther acétacétique monochloré et fournit des aiguilles fusibles à 175° qui ont pour formule $C_3NS(CH_3)NH_2CO_2C_2H_5$. En traitant de la même manière l'éther acétacétique dichloré, on obtient avec le sulfocyanate de baryum un corps cristallin $C_{14}H_{16}O_7N_2S$ fusible à 160-165°. Quant à la thio-urée, elle n'agit pas.

G. Hofmann. Combinaisons séléniées du cyanogène et de l'azol. (*Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 250, p. 294. Zurich.)

Ce chimiste a préparé au moyen du sélènecyanure de potassium et de la chloracétone : 1° la sélènecyanacétone CH_3COCH_2SeCN qui est une huile jaune, 2° son éther acétique $CH_3COCH(SeCN)CO_2C_2H_5$, liquide brunâtre, 3° la sélènecyanacétophénone $C_6H_5COCH_2(SeCN)$, fusible à 85°. Ces substances, pas plus que l'acide sélènecyanacétique

$$COOHCH_2SeCN,$$

fusible à 84°-85°, ne se laissent transformer en dérivés de l'azol; il paraît donc que le groupe SeCN ne peut pas se transformer en $Se.CO.NH_2$, par contre, la sélène-urée réagit sur les kétones halogénées et corps analogues, en donnant des dérivés des sélèneazols; il a ainsi obtenu : 1° l'α méthylsélèneazylamine, aiguilles fusibles vers 80°,

$$\begin{array}{ccc} HC & — & Se \\ | & & | \\ CH_3C & & CNH_2 \\ & \diagdown \; // & \\ & N & \end{array}$$

par l'action de la sélène-urée sur la chloracétone, 2° la phénylsélèneazylamine $C_3NSeHC_6H_5NH_2$, aiguilles fusibles à 132°. 3° le μ amidosélèneazol $C_3NSeH_2NH_2$, aiguilles fusibles à 121°. 4° l'acide α méthylsélèneazylamine β carbonique, aiguilles fusibles à 195°. 5° la sélènehydantoïne

$$\begin{array}{ccc} H_2C & — & Se \\ | & & | \\ OC & & CNH \\ & \diagdown \; \diagup & \\ & NH & \end{array}$$

fusible à 190° par l'action de la sélène-urée sur l'acide chloracétique. 6° l'$\alpha\mu$ dioxysélèneazol $C_3H_3O_2NSe$, prismes fusibles à 147°.

L'auteur a encore préparé la sélènebenzamide qui réagit avec les kétones halogénés et fournit diverses combinaisons dérivant de l'azol, mais il n'a pu isoler le sélèneazol.

G. Lunge. Des réactions qui accompagnent la fabrication de la soude au point de vue thermochimique. (*Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1888, 4 et 7. Zurich.)

Sous ce titre, M. Lunge a publié un travail dans lequel il passe en revue les différentes réactions de la préparation de la soude par le procédé Leblanc et termine son étude par la comparaison thermochimique du procédé Leblanc et de celui à l'ammoniaque. Le cycle des réactions du procédé Leblanc est :

$$H_2S + O_4 = SO_4H_2$$
$$H_2SO_4 + 2NaCl = 2HCl + Na_2SO_4$$
$$Na_2SO_4 + 2C = 2CO_2 + Na_2S$$
$$\left.\begin{array}{l} Na_2S + CaCO_2 = Na_2CO_3 + CaS \\ CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S. \end{array}\right\} \text{procédé Chance,}$$

c'est-à-dire que théoriquement il ne faut que C_2 pour transformer 2 NaCl, ou pour 117 parties de ce sel seulement 24 de carbone, tandis que la pratique en exige 30 fois autant. M. Lunge se demande si l'électricité ne remplira pas un jour le rôle supplémentaire du carbone dans des conditions plus économiques. Quant au procédé à l'ammoniaque, les calculs de la thermochimie ne lui sont guère applicables, il ne se produit pas de réactions exigeant un très grand travail chimique.

G. LUNGE et T. WIERNICK. POIDS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS AMMONIACALES. (*Zeitschrift für Angew. Chemie*, 1889, p. 181. Zurich.)

Ces chimistes publient une table des poids spécifiques des solutions ammoniacales à la température de 15° avec les corrections à apporter pour les observations faites à une température différente.

V. MERZ ET E. HOLZMANN. ACIDES BROMHYDRIQUE ET IODHYDRIQUE. (*Berichte*, XXII, p. 867. Zurich.)

L'acide bromhydrique peut se préparer directement des éléments en faisant passer un courant d'hydrogène chargé de vapeurs de brome au travers d'un tube chauffé au rouge sombre et rempli de pierre ponce. Dans les mêmes conditions l'iode se combine à l'hydrogène, mais il paraît se produire une dissociation partielle lorsque la température s'abaisse; on retient les particules d'iode en faisant passer le gaz au travers d'un tube renfermant du coton. A la température rouge sombre 17 % de l'iode se combinent, à une température plus élevée, il s'en combine de 78—82 %.

E. MÜLLER. UN PRODUIT D'OXYDATION DU TRIAMIDOBENZOL. (*Berichte*, XXII, p. 856. Bâle.)

En oxydant le triamidobenzol, on obtient la triamidophénazine

$$(C_6H_9N_3)_2 + O_2 = C_{12}H_{11}N_5 + NH_3 + 2H_2O$$

qui a probablement pour formule développée

H N NH_2
H H
NH_2 H
H N NH_2

ce corps ne réagit pas avec les o dikétones; on peut en obtenir un dérivé triacétylé; il cristallise de ses dissolutions alcooliques sous forme d'aiguilles brunâtres, ses dissolutions sont douées de fluorescence, ainsi que celles de ses sels.

R. Nietzki et H. Rosemann. Oximes de l'acide leukonique et produits de réduction. (*Berichte*, XXII, p. 916. Bâle.)

En traitant l'acide krokonique par l'hydroxylamine, on obtient, en outre de la pentoxime de l'acide leukonique, un corps qui en est la tétroxime. En réduisant la pentoxime

CNOH
CNOH CNOH
CNOH—CNOH

on obtient le pentamidopentol

$HCNH_2$
CNH_2 CNH_2
CNH_2—CNH_2

et en réduisant la tétroxime, les auteurs obtiennent le tétramidoxypentol

HCOH
CNH_2 CNH_2
CNH_2—CNH_2

Ils nomment pentol le groupe fermé C_5H_6.

Heinrich Goldschmidt et A. Gessner. Cumylamine. (*Berichte*, XXII, p. 928. Zurich.)

La cumylamine (p-propylbenzylamine) se comporte comme la benzylamine vis-à-vis des chlorures des corps diazoïques [1], il se forme des corps diazoamidés de la formule générale $C_3H_7C_6H_4CH_2NHN_2x$.

La diazobenzolcumylamine, feuilles jaunes, fusibles à 50°-51°, très peu solubles dans les dissolvants; la diazobenzolcuménylphénylurée $C_6H_5NHCON(C_{10}H_{13})N_2C_6H_5$, fusible à 101°, donne avec l'acide chlorhydrique la phénylcuménylurée; p-diazotoluolcumylamine $C_{17}H_{21}N_3$, petites tables rhomboédriques ou aiguilles, fusibles à 79°; p-diazotoluolcuménylphénylurée $C_{24}H_{26}N_4O$, aiguilles fusibles à 124°. Les auteurs ont encore préparé quelques sels de la cumylamine ainsi que quelques dérivés : le cuménylcarbaminate de cumylamine $C_{10}H_{13}NHCOOHC_{10}H_{13}NH_2$, feuilles fusibles à 97°,5; la benzocumylamine $C_{10}H_{13}NHCOC_6H_5$, feuilles fusibles à 92°; la dicuménylоxamide fusible à 181°—182°; la dicuménylurée $CO(NHC_{10}H_{13})_2$, aiguilles fusibles à 118°; la p-tolylcuménylurée, aiguilles fusibles à 150°; l'allylcuménylthiourée

$$CS<\begin{matrix}NHC_3H_5\\NHC_{10}H_{23}\end{matrix};$$

enfin le chlorhydrate de la cuménylthiohydantoïne

$$C_{10}H_{13}NC\begin{matrix}\diagup S-CH_2\\ \quad\quad | \\ \diagdown NH-HO\end{matrix}HCl$$

fusible vers 225° en se décomposant.

[1] *Archives*, XX, 90.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JUILLET 1889

Le 2, forte bise à 9 h. du soir; éclairs au SE. depuis 10 h. du soir.
4, forte rosée le matin.
5, très forte rosée le matin; tonnerres au NO. à 2 h. 39 m. et à l'E. à 2 h. 54 m. du soir.
9, fort vent à 4 h. du soir.
12, éclairs à l'O. à 8 h. 15 du soir, puis plus tard au N.
13, à 2 h. 5 m. du soir premiers tonnerres à l'OSO.; l'orage longe la chaîne du Jura et dure jusqu'à 2 h. 33 m. A 2 h. 36 m. un nouvel orage éclate à l'O. et dure jusqu'à 3 h. 10 m., en se dirigeant vers l'ESE. Violent coup de tonnerre au SO. à 2 h 46 m.; la foudre a dû tomber à 400 mètres de l'Observatoire environ; le parafoudre de l'établissement est fortement percé. A 2 h. 49 m., pendant une très forte averse, il tombe pendant 30 secondes environ quelques grêlons de la grosseur d'une noisette.

Depuis 3 h. 18 m. à 5 h. 12 m. des nuages orageux suivent toujours la direction de l'OSO. à l'ESE., et l'on entend des tonnerres par intervalles; de 4 h. 27 m. à 5 h. 12 m. on entend un orage d'intensité moyenne suivre ce trajet.

Depuis 8 h. 20 m. éclairs à l'O., puis un peu dans toutes les directions avec tonnerres lointains; forte décharge électrique à 9 h. 33 m. du soir.
14, très forte averse à 11 h. 40 m. du matin.
17, fort vent à 1 h. du soir.
18, depuis 9 h. du soir éclairs au N., au NE., puis à l'E.
19, rosée le matin.
22, éclairs au S. et au SSO. depuis 9 h. 30 m. du soir; éclairs et tonnerres à l'O. depuis 10 h. 30 m., accompagnés d'une violente averse.
25, forte rosée le matin.
26, très forte averse à 1 h. du soir, tonnerre à l'O. L'orage éclate avec violence; très forte averse mêlée de petits grêlons pendant 2 m. environ à 1 h. 37 m.; très forte décharge électrique à 1 h. 40 m.; le parafoudre de l'Observatoire est percé. L'orage dure jusqu'à 2 heures et suit la chaîne du Salève.

De 7 h. 35 m. à 7 h. 55 m. du soir éclairs et tonnerres.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.

	mm
Le 1 à minuit	732,96
4 à 5 h. matin	728,49
11 à 9 h. matin	729,13
16 à 8 h. matin	728,98
18 à 8 h. matin	725,59
20 à 11 h. soir	727,67
24 à minuit	730,27
28 à 8 h. matin	730,68

MINIMUM.

	mm
Le 2 à 6 h. soir	727,07
7 à 6 h. soir	725,15
13 à 2 h. soir	723,30
17 à 5 h. soir	722,99
19 à 6 h. soir	724,19
23 à 4 h. matin	724,02
27 à 4 h. matin	720,58

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+ °	°	cm
1	731,77	+ 4,41	730,82	732,96	+17,33	— 0,89	+11,9	+23,9	795	+106	550	970	1,1	2	variable	0,73	19,0	+2,1	183,8
2	728,92	+ 1,53	727,07	730,86	+17,93	— 0,35	+11,8	+22,0	753	+ 65	590	970	...	...	NNE. 1	0,40	19,1	+2,1	184,5
3	727,79	+ 0,38	727,23	728,12	+17,79	— 0,55	+14,2	+21,2	716	+ 29	590	880	...	...	NNE. 1	0,40	19,0	+1,9	184,0
4	727,50	+ 0,06	726,33	728,49	+18,35	— 0,05	+11,0	+23,3	750	+ 64	600	950	...	...	N. 1	0,05	19,0	+1,8	183,0
5	726,59	— 0,87	725,75	727,20	+20,69	+ 2,24	+14,3	+26,5	697	+ 12	480	920	...	...	N. 1	0,48	20,3	+3,1	179,5
6	726,53	— 0,96	725,32	727,32	+19,51	+ 1,01	+13,0	+25,0	604	— 81	410	870	...	...	variable	0,30	20,5	+3,2	179,8
7	726,10	— 1,41	725,15	726,71	+19,42	+ 0,88	+11,0	+25,4	639	— 45	430	930	...	...	O. 1	0,13	...	.....	176,0
8	726,98	— 0,56	726,56	727,56	+20,60	+ 2,01	+13,0	+26,0	621	— 62	410	840	...	...	S. 1	0,07	20,3	+2,8	173,5
9	726,88	— 0,68	725,27	727,87	+21,41	+ 2,78	+14,7	+28,0	673	— 9	450	880	...	...	variable	0,32	20,5	+2,9	173,0
10	726,96	— 0,62	726,19	728,35	+24,00	+ 5,33	+16,7	+30,6	591	— 91	370	830	...	...	SO. 1	0,13	18,0	+0,4	171,2
11	728,31	+ 0,71	727,28	729,13	+23,94	+ 5,24	+16,0	+30,4	597	— 84	400	900	...	...	SSO. 1	0,25	18,4	+0,7	170,5
12	727,75	+ 0,12	726,02	728,32	+24,96	+ 6,23	+16,7	+31,2	591	— 89	360	880	...	...	SSO. 1	0,18	20,5	+2,7	168,5
13	725,87	— 1,78	723,30	727,67	+22,43	+ 3,67	+17,2	+30,5	750	+ 70	500	960	12,2	4	variable	0,65	20,7	+2,8	168,9
14	726,48	— 1,19	725 30	728,50	+17,62	— 1,17	+13,7	+21,5	689	+ 10	470	900	8,6	3	SSO. 1	0,65	...	.....	171,0
15	728,53	+ 0,84	727,60	728,89	+18,10	— 0,71	+12,5	+24,0	641	— 38	450	880	...	...	variable	0,50	17,0	—1,0	169,0
16	727,84	+ 0,13	726,34	728,98	+18,90	+ 0,07	+10,6	+25,0	585	— 93	370	870	...	...	SO. 1	0,55	18,9	+0,9	170,5
17	724,57	— 3,16	722,99	726,31	+19,10	+ 0,25	+12,7	+24,7	648	— 30	420	850	5,9	7	SSO. 1	0,80	15,9	—2,2	171,0
18	725,08	— 2,66	724,36	725,59	+16,64	— 2,23	+12,3	+20,8	635	— 43	420	810	...	...	NNE. 1	0,35	15,0	—3,1	172,0
19	724,75	— 3,01	724,19	725,19	+13 94	— 4,94	+ 9,3	+19,7	871	+193	700	990	19,0	13	N. 1	0,95	15,3	—2,9	171,2
20	726,45	— 1,33	724,75	727,67	+17,96	— 0,93	+10,9	+24,8	726	+ 49	400	990	...	...	SSO. 1	0,07	17,5	—0,8	171,0
21	726,63	— 1,16	725,72	727,55	+18,06	— 0,83	+10,5	+25,6	741	+ 64	500	930	1,9	2	S. 1	0,60	...	.....	170,0
22	725,89	— 1,92	724,48	726,65	+20,00	+ 1,10	+15,4	+23,7	696	+ 19	600	800	...	...	SO. 1	0,75	16,0	—2,4	166,5
23	725,54	— 2,28	724,02	727,26	+16,71	— 2,19	+12,4	+21,4	760	+ 83	510	980	10,2	7	SSO. 1	0,72	16,6	—1,8	165 0
24	728,41	+ 0,57	726,86	730,27	+15,84	— 3,05	+10,0	+20,2	614	— 64	420	870	...	...	SO. 1	0,52	16,0	—2,4	165,5
25	726,81	— 1,04	724,00	730,11	+17,29	— 1,60	+ 7,6	+24,2	614	— 64	370	970	...	...	SSO. 1	0,08	16,0	—2,5	164,2
26	721,83	— 6,03	720,80	723,73	+18,04	— 0,84	+ 9,5	+24,0	720	+ 42	550	970	13,9	2	SSO. 1	0,92	11,6	—6,9	160,0
27	723,13	— 4,74	720,58	726,37	+11,50	— 7,37	+ 9,5	+14,1	937	+259	860	1000	23,5	19	variable	1,00	12,1	—6,5	158,5
28	728,12	+ 0,23	726,33	730,68	+12,64	— 6,21	+ 8,9	+18,8	803	+124	530	1000	9,7	8	variable	0,60	...	.....	162,0
29	729,94	+ 2,04	729,23	730,45	+14,31	— 4,53	+ 7,0	+19,7	706	+ 27	370	920	...	...	N. 1	0,32	14,8	—3,8	164,8
30	730 01	+ 2,10	729,13	730,63	+16,25	— 2,57	+ 6,9	+22,8	666	— 14	330	930	...	...	N. 1	0,02	15,7	—3,0	163,0
31	729,83	+ 1,91	728,79	730,63	+17,93	— 0,86	+ 8,1	+24,4	696	+ 15	420	930	...	...	variable	0,00	18,5	—0,2	164,4
Mois	727,02	— 0,63			+18,36	— 0,45			694	+ 15						0,44	17,49	—0,60	170,83

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,14	728,01	728,23	727,97	727,32	726,76	726,83	727,55
2e »	726,76	726,60	727,03	726,87	726,17	726,17	726,18	726,73
3e »	726,99	726,71	727,10	727,06	726,83	726,63	726,75	727,31
Mois	727,29	727,09	727,44	727,29	726,77	726,52	726,59	727,20
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+16,28	+14,53	+17,67	+21,26	+23,47	+23,86	+21,81	+18,75
2e »	+16,67	+15,03	+18,02	+21,54	+23,23	+22,28	+20,50	+17,60
3e »	+13,07	+12,04	+14,95	+18,23	+19,38	+19,50	+18,20	+14,49
Mois	+15,27	+13,81	+16,82	+20,27	+21,94	+21,80	+20,11	+16,86
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	829	868	774	617	534	516	608	725
2e »	790	862	753	569	491	536	636	750
3e »	879	893	801	654	585	535	627	812
Mois	834	875	777	615	538	529	624	764

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	+ 13,16	+ 25,19	+ 19,52	0,30	1,1	178,83
2e »	+ 13,19	+ 25,26	+ 17,69	0,49	45,7	170,36
3e »	+ 9,62	+ 21,72	+ 15,26	0,50	59,2	163,99
Mois	+ 11,91	+ 23,98	+ 17,49	0,44	106,0	170,83

Dans ce mois l'air a été calme 4,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,78 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 50°,5, O. et son intensité est égale à 17,5 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1889.

Le 1er, brouillard depuis 4 h. du soir.
2, brouillard de 4 h. à 7 h. du soir.
4, brouillard depuis 7 h. du soir.
5, brouillard de 4 h. à 7 h. du soir.
6, brouillard depuis 10 h. du soir.
11, brouillard depuis 7 h. du soir.
14, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; le dégel du petit lac a lieu en ce jour.
18, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
20, brouillard jusqu'à 1 h. du soir.
24, brouillard depuis 7 h. du soir.
26, brouillard depuis 10 h. du soir.
27, forte bise pendant tout le jour; neige jusqu'à 10 h.. du matin et depuis 4 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir.
28, brouillard jusqu'à 1 h. du soir et depuis 10 h. du soir; forte bise depuis 10 h. du soir.
29, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm
Le 4 à 11 h. soir	569,40
8 à 11 h. soir	570,75
11 à midi	573,55
16 à minuit	568,90
21 à 11 h. matin	569,02
25 à 1 h. matin	568,65

MINIMUM.	mm
Le 3 à 8 h. matin	567,55
7 à 6 h. matin	566,53
9 à 7 h. soir	569,81
14 à 2 h. soir	565,85
20 à 1 h. matin	564,20
24 à 5 h. matin	565,30
27 à 6 h. matin	558,95

SAINT-BERNARD. — JUILLET 1889.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	571,21	+ 3,34	570,35	571,95	+ 3,60	— 1,80	+ 1,8	+ 7,5	.....	.....	....	NE.	1	0,63
2	568,89	+ 0,96	568,37	570,40	+ 4,58	— 0,88	+ 1,9	+ 7,9	.....	.....	....	NE.	1	0,42
3	568,21	+ 0,23	567,55	568,99	+ 5,71	+ 0,19	+ 3,4	+10,0	.....	.....	....	NE.	1	0,15
4	568,80	+ 0,77	567,76	569.40	+ 7,45	+ 1,87	+ 4,3	+11,2	.....	.....	....	NE.	1	0,38
5	568,56	+ 0.48	568,19	569,30	+ 5,21	— 0,43	+ 3,0	+ 8,9	.....	.....	....	NE.	1	0,57
6	567,32	— 0,81	566,70	568,70	+ 3,50	— 2,20	+ 1,5	+ 6,0	.....	.....	....	NE.	1	0,63
7	567,11	— 1,07	566,53	567,93	+ 5.50	— 0,25	+ 1,5	+ 9,1	.....	.....	....	NE.	1	0,20
8	568,93	+ 0,70	567,97	570,75	+ 7,23	+ 1,43	+ 3,5	+10,6	.....	.....	....	SO.	1	0,38
9	570,05	+ 1,78	569,81	570,73	+ 8,08	+ 2,23	+ 5,0	+11,0	.....	.....	....	SO.	1	0,35
10	571,26	+ 2,95	569,95	572,88	+10,25	+ 4,35	+ 5,6	+14,4	.....	.....	....	SO.	1	0,20
11	572,89	+ 4,54	572,55	573,55	+11,13	+ 5,18	+ 8,5	+14,2	.....	.....	....	SO.	1	0,42
12	572,46	+ 4,07	572,06	572,95	+12,75	+ 6,76	+ 8,9	+16,6	.....	.....	....	SO.	1	0,08
13	570,30	+ 1,87	568,22	572,63	+11,51	+ 5,48	+ 9,0	+16,7	.....	.....	....	SO.	1	0,38
14	566,70	— 1,77	565,85	568,00	+ 3,96	— 2,11	— 0,2	+10,8	.....	14,0	....	NE.	1	0,63
15	567,91	— 0,60	566,90	568,83	+ 3,60	— 2,51	— 0,5	+ 6,1	.....	.....	....	NE.	1	0,20
16	568,36	— 0,19	568,13	568,90	+ 7,20	+ 1,06	+ 3,0	+11,7	.....	.....	....	NE.	1	0,07
17	566,58	— 2,00	565,20	568,25	+ 7,35	+ 1,18	+ 5,0	+12,8	.....	13,5	....	SO.	1	0,53
18	565,11	— 3,50	564,39	566,05	+ 3,95	— 2,25	+ 1,0	+ 6,6	.....	.....	....	NE.	1	0,33
19	565,46	— 3,18	564,25	566,07	+ 3,36	— 2,87	+ 1,4	+ 4,6	.....	23,4	....	SO.	1	0,98
20	566,43	— 2,24	564,20	568,75	+ 3,66	— 2,60	+ 1,4	+ 6,4	.....	.....	....	NE.	1	0,50
21	568,73	+ 0,03	568,45	569,02	+ 8,53	+ 2,24	+ 3,3	+13,2	.....	.....	....	variable		0,33
22	567,81	— 0,92	567,32	568,60	+ 9,51	+ 3,20	+ 5,4	+14,3	.....	.....	....	SO.	1	0,23
23	566,14	— 2,61	565,63	567,30	+ 5,35	— 0,98	+ 3,0	+ 7,8	.....	.....	....	NE.	1	0,78
24	566,56	— 2,21	565,30	568 37	+ 1,25	— 5,10	— 0,6	+ 4,2	.....	.....	....	NE.	1	0,48
25	568.02	— 0.77	566,85	568,65	+ 8,53	+ 2,16	— 0,3	+12,9	.....	.....	....	SO.	1	0,12
26	563,27	— 5,54	560,72	566,70	+ 4,96	— 1,42	+ 1,7	+10,8	.....	.....	....	SO.	1	0,53
27	560,61	— 8,22	558,95	563,18	— 1,94	— 8,33	— 2,4	+ 3,7	50	16,5	....	NE.	2	1,00
28	564,96	— 3,88	563,40	567,28	— 2,05	— 8,45	— 3,0	— 0,5	.....	.....	....	NE.	1	0,75
29	567,52	— 1,33	566,10	568,99	— 0,45	— 6,86	— 2,8	+ 3,0	.....	.....	....	NE.	1	0,23
30	569,54	+ 0,68	568,15	570,87	+ 4,75	— 1,66	0,0	+ 8,3	.....	.....	....	NE.	1	0,00
31	571.81	+ 2,94	570.92	573.10	+11,56	+ 5,15	+ 4.5	+14,2	.....	.....	....	NE.	1	0.02
Mois.	567,98	— 0,50			+ 5,79	— 0,37								0,40

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUILLET 1889.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	569,24	568,77	568,70	569,03	569,02	569,00	569,11	569,40
2e » ...	568,55	568,20	568,16	568,19	568,16	568,18	568,16	568,17
3e » ...	566,80	566,34	566,36	566,72	566,85	566,95	567,16	567,36
Mois	568,15	567,72	567,70	567,94	567,97	568,01	568,11	568,28

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	+ 3,74	+ 7,87	+ 8,82	+ 7,84	+ 6,37	+ 5,44
2e » ...	+ 4,77	+ 8,15	+ 9,79	+ 8,70	+ 7,06	+ 6,03
3e » ...	+ 2,73	+ 5,77	+ 6,79	+ 6,63	+ 4,78	+ 3,99
Mois	+ 3,71	+ 7,22	+ 8,41	+ 7,69	+ 6,03	+ 5,12

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	+ 3,15	+ 9,66	0,39	—	—
2e » ...	+ 3,75	+10,65	0,41	50,9	—
3e » ...	+ 0,80	+ 8,35	0,41	16,5	50
Mois	+ 2,51	+ 9,52	0,40	67,4	50

Dans ce mois, l'air a été calme 0,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,02 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 34,9 sur 100.

RECHERCHES

SUR LES

FERMENTS DIGESTIFS

PAR

Catherine SCHIPILOFF

Il existe dans la littérature un nombre considérable de travaux ayant pour objet l'étude de la digestion. Les divers auteurs qui ont travaillé sur cette question, l'ont considérée soit au point de vue des conditions physiologiques ou pathologiques dans lesquelles les ferments digestifs agissent dans l'organisme sain ou malade, soit au point de vue de l'étude chimique de l'action des ferments sur les substances alimentaires. L'étude de cette dernière question surtout a fait d'énormes progrès, et les diverses modifications chimiques par lesquelles passent les aliments sous l'influence des ferments digestifs ont été décrites avec une grande précision.

En faisant ces études, les différents auteurs n'ont pris en considération que l'action des ferments digestifs sur les matières alimentaires inertes, elles forment, en effet, la base de la nourriture. Mais les divers aliments d'origine animale ou végétale qui pénètrent dans

l'estomac, contiennent outre les substances nutritives proprement dites, telles que : substances albumineuses, féculentes, matières grasses, etc., un grand nombre de ferments solubles de natures diverses.

Les aliments crus forment la nourriture exclusive des animaux à l'état sauvage ; ils entrent pour une bonne part dans la nourriture des animaux domestiques aussi et même de l'homme. Ces aliments contiennent des ferments divers, qui sont les uns inhérents à leur substance même et proviennent de l'organisme vivant, les autres, le produit de modifications variées que ces matières peuvent subir après la mort.

Enfin les aliments cuits eux-mêmes peuvent contenir des ferments solubles sécrétés par les bactéries diverses auxquelles ils servent de terrain de culture. Tous ces ferments pourraient probablement nuire à la nutrition de l'animal, soit en accélérant trop les processus de la digestion normale, soit en y intercalant des décompositions secondaires multiples. Il ne serait donc pas sans intérêt de savoir ce que deviennent ces ferments dans l'estomac de l'animal qui les a ingérés.

Cette question n'a presque pas été étudiée, et c'est à peine si on trouve quelques indications dans la littérature, encore ces indications ne sont-elles relatives qu'à la pancréatine seulement.

Corvisart avait déjà noté que la pancréatine était détruite[1] par la pepsine, mais il avait cru que la pepsine pouvait à son tour être détruite par la pancréatine.

[1] Nous ne pouvons pas décider la question si le ferment a été véritablement détruit ou non ; tout ce que nous pouvons constater c'est que son activité a été annulée, mais je me servirai de l'expression *détruit* parce que c'est plus court.

Kühne établit par des expériences directes, que la pancréatine est en effet détruite par la pepsine, mais que l'action inverse n'a pas lieu, et que la destruction de la pepsine était due non à la pancréatine mais à la réaction alcaline du liquide pancréatique.

Voilà tout ce que j'ai trouvé dans la littérature sur cette question. Ces quelques données sur la pancréatine, et sa destruction par la pepsine ne peuvent pas résoudre la question que nous nous étions proposée : que deviennent dans l'estomac les divers ferments solubles ingérés avec les aliments ?

Je me suis adressé à l'expérimentation et je vais maintenant d'écrire mes observations.

Dans le présent travail je ne m'occuperai que de la digestion des animaux carnivores ou omnivores en faisant abstraction des herbivores, et je me servirai de la pepsine de chien ou de porc ; cette dernière est surtout facile à obtenir et possède un grand pouvoir digérant.

J'ai voulu autant que possible augmenter le nombre des ferments solubles sur lesquels j'ai fait mes recherches, et ne pas me borner exclusivement aux ferments digestifs proprement dits.

Le nombre des ferments solubles, connus actuellement, est du reste peu considérable et tous ces ferments peuvent, si non toujours, du moins occasionnellement être ingérés.

Outre les ferments solubles connus et décrits depuis longtemps, j'ai encore fait usage dans mes recherches de quelques ferments découverts dans le cours d'un long travail fait en collaboration avec M. le prof. Alexandre Danilewsky. Comme l'idée directrice de ce travail appartient en propre à M. Danilewsky, je lui laisse le soin de

le publier, et je me bornerai à donner ici une courte notice sur quelques-uns de ces ferments afin de pouvoir les utiliser dans mon présent ouvrage.

Je diviserai ce travail en chapitres.

Dans le premier je traiterai de l'action de la pepsine sur divers ferments d'origine végétale ou animale qui peuvent pénétrer dans l'estomac avec les aliments ; dans le second j'étudierai plus spécialement l'action de la pepsine ou du suc gastrique sur les ferments digestifs proprement dits, et je tâcherai de donner un aperçu de la digestion dans son ensemble, telle qu'elle s'effectue dans les conditions normales et dans les conditions pathologiques naturelles et expérimentales.

Ces recherches sont assez difficiles à faire à cause de plusieurs circonstances. D'abord il nous est impossible d'obtenir les ferments à l'état de pureté, nous avons affaire à des infusions contenant, outre le ferment étudié, une quantité d'autres matières étrangères ; — ensuite nous ne pouvons pas doser la richesse de l'infusion en ferment, enfin les diverses réactions auxquelles nous devons avoir recours pour déterminer l'action d'un ferment sur une substance, sont souvent gênées par la présence de matières étrangères dans la solution ; ou bien, il arrive quelquefois que l'infusion du ferment donne déjà par elle-même ces réactions.

En outre il faut dire que nous ne connaissons aucune réaction chimique qui puisse indiquer que dans un liquide quelconque, tel ferment a été en effet détruit par un autre ferment, c'est par l'absence de l'action d'un ferment sur une autre substance appropriée, que nous pouvons constater l'inactivité de ce ferment et conclure qu'il a été détruit.

Il est donc de toute importance, pour pouvoir décider que tel ferment a une action destructive sur tel autre ferment, de répéter toujours la même expérience après avoir préalablement tué par l'ébullition le ferment destructeur, les autres conditions de l'expérience restant exactement les mêmes dans les deux cas.

Ce n'est qu'en faisant un grand nombre d'essais qu'on peut arriver à des résultats exacts ; encore ces résultats obtenus dans des expériences *in vitro* sont-ils toujours sous le coup de l'objection que dans un animal vivant les choses ne se passent pas de même !

Eh bien, soit ! Je donne mes expériences pour ce qu'elles valent et j'accepte l'objection tout en me consolant à l'idée que mes recherches sont en fort bonne compagnie sous ce rapport !

CHAPITRE I

Action de la pepsine sur divers ferments solubles, d'origine végétale ou animale.

Avant de décrire mes expériences je vais exposer quelques mots préliminaires sur les conditions de l'expérimentation.

La présence d'un ferment dans un liquide ne peut être constatée[1] que par l'action de ce ferment sur une certaine substance appropriée qu'il peut décomposer ou

[1] Wiesener et Oskar Lœw ont proposé quelques réactions servant à déterminer la présence d'un ferment dans un liquide, mais il est difficile de se baser sur ces réactions avec certitude.

modifier; il est donc évident que lorsqu'il s'agit d'étudier simultanément dans un même liquide l'action de la pepsine sur le ferment, et l'action de ce ferment sur la substance, on ne peut le faire que si la pepsine n'attaque pas, elle-même, la substance sur laquelle devrait agir le ferment étudié.

Tant qu'il s'agit d'étudier des ferments dont l'action s'exerce sur des matières hydrocarbonées, la difficulté s'écarte d'elle-même, car la pepsine n'attaque pas ces substances; mais lorsqu'on a affaire à des ferments dont l'action s'exerce sur les matières albumineuses, on ne peut faire l'expérience que si l'on parvient à établir des conditions d'action différentes pour les deux ferments; par exemple la pepsine n'exerce son action péptonisante que dans un milieu à réaction acide, elle est entièrement inactive dans un liquide neutre ou alcalin; si ces deux dernières réactions sont favorables à l'action du ferment étudié, la difficulté est écartée, et nous pouvons étudier dans un même liquide l'action de la pepsine sur le ferment et l'action du ferment sur la substance albumineuse. L'expérience devra être faite en deux temps; d'abord on laissera agir la pepsine sur les ferments dans la réaction acide convenable à la pepsine, puis on modifiera cette réaction selon les exigences du ferment étudié et on ajoutera au liquide la matière albumineuse sur laquelle il devra exercer son action.

Voici la marche des expériences: je prépare une solution, convenablement diluée, de pepsine, que je divise en deux portions exactement égales, je fais bouillir l'une d'elles pendant 5—10 minutes en remplaçant l'eau évaporée par un égal volume d'eau distillée, afin que le volume fut constant; puis j'ajoute aux deux portions de

liquide une égale quantité d'une solution titrée d'acide chlorhydrique à 2 °/₀ de façon que l'acidité finale des deux portions fut de 1—2 pour 1000, selon les cas; cela fait j'ajoute aux deux portions un égal volume de l'infusion du ferment que je veux étudier, et je laisse ces deux portions en repos pendant un certain temps en les maintenant toujours à une température constante de 37°. De temps en temps je prends une quantité égale de ces liquides et après avoir convenablement modifié leur réaction en ajoutant à chacun des liquides un égal volume d'une solution titrée de carbonate de soude à 2 °/₀, j'introduis dans l'un et dans l'autre une quantité égale de la substance sur laquelle le ferment étudié devra exercer son action, et je les abandonne pour quelque temps à la température de 37°.

Je constate alors le mode d'action de chacun de ces liquides sur la substance albumineuse, soit en notant les effets de dissolution, soit par des réactions chimiques convenables; je puis alors voir si les deux liquides agissent de la même façon. Si le ferment étudié a véritablement été détruit dans le liquide qui contenait la pepsine active, ce liquide n'exercera aucune action sur les substances, tandis que le liquide qui contenait la pepsine cuite devra nous révéler la présence du ferment étudié en pleine activité.

Lorsque le ferment étudié agit sur les matières hydrocarbonées et non sur les matières albumineuses, on peut dans la seconde partie de l'expérience ne pas modifier la réaction du liquide si la réaction acide lui convient, et simplement ajouter au liquide la substance sur laquelle ce ferment devra agir. On peut même dans ce cas ne pas diviser l'expérience en deux temps, mais étudier

dans le même liquide, et au même moment, l'action de la pepsine sur le ferment, et du ferment sur la substance. Ce procédé est cependant moins bon, car le résultat final dépend en partie de la rapidité d'action de l'un et de l'autre des deux ferments mis en présence; en général les ferments qui agissent sur les matières hydrocarbonées exercent leur action très rapidement, et la pepsine n'a pas le temps de les détruire, mais elle les affaiblit seulement; il vaut par conséquent mieux séparer leur action en deux temps. On pourrait supposer que c'est par sa présence dans le liquide que la pepsine empêche le ferment étudié d'agir; l'objection est facile à réfuter. Il suffit pour cela de commencer à faire les essais à partir du moment où le mélange des ferments a été opéré et les diverses portions de liquides préparées. On voit alors que les divers ferments sont très actifs malgré la présence de la pepsine dans le liquide; ce n'est qu'après qu'ils ont été soumis pendant quelque temps à l'action de la pepsine à 38° que leur activité commence à faiblir et arrive enfin à être nulle. Ce temps est en général très court et variable suivant les ferments, ainsi que nous le verrons plus loin.

Pour être bien sûr que c'est vraiment la pepsine qui agit comme ferment actif, et que ce n'est pas une action due à d'autres substances étrangères contenues dans l'infusion de pepsine, substances que l'ébullition aurait pu rendre inactives, soit en les coagulant, ou en les chassant du liquide par l'évaporation, j'ai tâché de trouver quelque substance capable d'annuler l'action de la pepsine elle-même, sans empêcher l'action du ferment étudié. En ajoutant cette substance au liquide qui contient la pepsine active, on doit voir celle-ci rester sans action sur le ferment étudié.

J'ai examiné un très grand nombre de substances de natures fort diverses, et je n'en ai trouvé que très peu qui exercent une action propre sur la pepsine. Un grand nombre de substances, il est vrai, retardent ou annulent l'action de la pepsine, mais seulement en solutions concentrées, c'est une action qu'elles exercent en même temps aussi sur d'autres ferments hydrolytiques, une action mécanique deshydratante; mais il suffit d'ajouter de l'eau et le ferment reprend son activité. Ces substances, parmi lesquelles se trouvent les sels minéraux, les tannins, etc., ne sont pas propres à être utilisées pour le but proposé.

En général on peut remarquer que la pepsine est excessivement réfractaire à l'action des diverses substances, bien plus réfractaire que tous les autres ferments, on peut en dire autant de la pancréatine, cela expliquerait comment tant de médicaments peuvent être ingérés sans occasionner des troubles de la digestion, ou tout au plus un malaise passager qu'un verre d'eau suffit le plus souvent à dissiper.

Parmi les quelques substances qui ont une action nuisible sur la pepsine, j'en mentionnerai deux, qui nous serviront dans nos présentes recherches.

La première, et la plus importante, est la bile; la seconde, est l'infusion de la racine de Salsepareille. Ces deux substances agissent sur la pepsine énergiquement, et empêchent son action, tandis qu'elles laissent s'accomplir librement l'action de la plupart des autres ferments; elles pourront donc nous servir dans ces recherches.

Étudions leur action sur la pepsine.

Influence de la bile sur la pepsine.

Si l'on n'a en vue que l'étude comparée des ferments et de leurs propriétés, abstraction faite de leur rôle physiologique dans la digestion, on peut se servir de bile et de pepsine provenant d'animaux d'espèces différentes ; mais s'il s'agit d'étudier les ferments dans les conditions normales de la digestion, il faut se servir de la bile appartenant à un animal de même espèce que celui dont l'estomac a fourni l'infusion de pepsine.

J'ai fait usage de bile provenant du porc, du chien, du bœuf et du veau, et de pepsine provenant du chien et du porc.

Dans ce chapitre je n'étudierai que l'action de la pepsine de porc sur les divers ferments, cette pepsine étant très active et facile à obtenir, et je me servirai de préférence de la bile de porc ou de bœuf. Cette dernière bile est la plus active, vis-à-vis de la pepsine de porc du moins ; la bile du porc est très active aussi, mais un peu moins que la bile du bœuf, tandis que la bile de veau est très peu active, il en faut trois ou quatre fois plus que de bile de bœuf pour obtenir la même action.

L'influence de la bile sur la pepsine est assez complexe et s'effectue diversement selon que l'on ajoute beaucoup ou peu de bile au liquide digestif.

Lorsqu'on ajoute une assez grande quantité de bile à un liquide acide contenant de la pepsine, il se forme aussitôt un abondant précipité floconneux de mucus et un précipité fin et granuleux bien moins important formé par les acides biliaires ; une partie, ou peut-être la totalité de la pepsine, est aussi entraînée mécaniquement par

les corps qui se précipitent. Si le liquide digestif contenait de la fibrine gonflée, celle-ci se ratatine, devient opaque, et ne se digère plus. Bref toute action digestive a disparu dans le liquide peptique, et cela malgré la réaction acide.

Il s'agit ici d'un empêchement dû à une cause mécanique, qui s'exerce à la fois sur la pepsine et en provoque la précipitation, et sur la fibrine dont elle empêche le gonflement. Mais en dehors de cette action mécanique, la bile exerce-t-elle une action propre sur la pepsine?

Pour résoudre cette question, il faut tout d'abord pouvoir empêcher la précipitation du mucus ou des acides biliaires de se faire dans le liquide digestif, afin que la pepsine ne fut pas entraînée en même temps.

Comme cette précipitation du mucus et des acides biliaires est due à l'acidité du suc gastrique, on peut, en traitant directement la bile par l'acide acétique ou l'acide chlorhydrique, effectuer tout ou partie de cette précipitation, et alors, en ajoutant cette bile acide et filtrée à un liquide neutre qui contient la pepsine, empêcher toute nouvelle précipitation d'avoir lieu, et obtenir en même temps un liquide convenablement acidifié.

Si l'on a affaire à la bile de bœuf, on peut facilement obtenir la précipitation complète du mucus, et le liquide filtré conserve toutes ses propriétés de bile et reste très actif vis-à-vis de la pepsine. Mais pour la bile de porc, l'énorme quantité de mucus qu'elle contient entraîne par sa précipitation totale une trop grande quantité d'autres substances contenues dans la bile, et le liquide filtré est alors bien moins actif; il vaut mieux, par conséquent, se borner à rendre la bile de porc acide sans y précipiter tout le mucus; en ajoutant cette bile acide et filtrée à une solution de pepsine neutre, aucune nouvelle formation

de précipité n'a plus lieu, il ne se fait même pas de trouble dans le liquide. Si la bile ainsi préparée est ajoutée en quantité suffisante, par exemple 10 à 15 gouttes pour dix cent. cubes de liquide digestif, on voit la fibrine qui était gonflée et d'apparence vitreuse devenir plus opaque et moins gonflée. On peut donc attribuer l'arrêt de la digestion à cette action sur la fibrine. Mais si l'on n'ajoute que 4-5 gouttes de bile à la même quantité de liquide digestif, et qu'on y plonge un filament de fibrine préalablement gonflée par l'acide et d'aspect vitreux, on voit la fibrine conserver son apparence normale et, cependant, malgré cela la digestion ne se fait plus dans ce liquide. La pepsine est rendue inactive par la présence de la bile. Si la quantité de bile est par trop faible, 1-2 gouttes, par exemple, alors la dissolution de la fibrine dans ce liquide est seulement fortement retardée, mais non entièrement annulée ; il faut plusieurs heures pour qu'elle se fasse, au lieu de 20-30 minutes, et malgré que la fibrine a été dissoute, la réaction du biuret montre qu'il n'y a pas eu de peptones formés.

Recherchons quelle est la partie constituante de la bile qui exerce cette influence nuisible sur la pepsine ? J'ai pu me procurer les acides biliaires suivants : acide taurocholique, acide glycocholique, ac. chéno-cholalique et ac. cholalique[1]. Toutes ces substances ont été essayées sur la pepsine, deux surtout se sont montrées actives : Ce sont les acides taurocholique, qui constitue la partie principale de la bile de chien, et glycocholique, abondant surtout dans la bile de bœuf. Les autres acides n'empêchent pas la dis-

[1] Ces acides provenaient de la collection de produits chimiques de M. le Prof. Monnier.

solution de la fibrine; mais la réaction de biuret montre à peine une trace insignifiante de peptones formés. Les acides taurocholique et glycocholique ajoutés en assez grande quantité aux liquides empêchent la fibrine de se gonfler; mais en dehors de cette action ils exercent sur la pepsine une influence nuisible très manifeste et peuvent même en très petite quantité empêcher toute action digestive de la pepsine. Cette influence est la même, qu'il s'agisse de la digestion des matières albumineuses, ou de la destruction des ferments.

Influence de la salsepareille sur la pepsine.

Je fais une infusion de racine de salsepareille dans l'eau très chaude, presque bouillante, en laissant infuser pendant plusieurs heures à une température de 80° à 90°. La réaction de l'infusion étant acide, il faut la neutraliser exactement. C'est du reste une précaution à prendre avec toutes les substances dont on veut étudier l'action sur les ferments, car il suffit d'une légère modification dans la réaction du liquide pour influencer considérablement l'activité d'un ferment et donner des résultats entachés d'erreur.

Cette infusion de salsepareille, ajoutée à un liquide digestif contenant la pepsine, arrête ou retarde énormément la digestion. Ajoutée en assez grande quantité, l'infusion de salsepareille empêche le gonflement de la fibrine, mais on peut s'assurer qu'en dehors de l'action sur la fibrine, et ajoutée en quantité insuffisante pour empêcher le gonflement, la salsepareille annule ou retarde beaucoup l'action de la pepsine, et la fibrine, quoique bien gonflée et d'aspect vitreux reste pourtant intacte pendant plusieurs

heures; il faut quelquefois une journée entière pour opérer la dissolution d'un filament de fibrine, lequel dans les conditions normales se dissoudrait après 30 minutes. Cependant la salsepareille est moins active que la bile, et pour de petites quantités, la digestion est seulement considérablement retardée, mais non entièrement empêchée.

La salsepareille agit aussi sur quelques autres ferments outre la pepsine, et ne peut pas être employée dans toutes les expériences; cependant elle peut bien, de même que la bile, servir à démontrer que dans les expériences où la pepsine exerce une action destructive sur les autres ferments, c'est bien à l'influence de la pepsine que cette action est due, et non à la présence de quelque autre matière étrangère contenue dans l'infusion et que l'ébullition aurait pu éloigner de la solution. C'est donc bien la pepsine qui est tuée par l'ébullition.

Avant de passer à l'étude de l'action de la pepsine sur les ferments divers, je dirai quelques mots sur la pepsine elle-même et sur sa préparation.

Je me suis beaucoup servi de l'extrait glycérique de l'estomac de porc préparé par Grübler, cet extrait est assez actif et se conserve très bien, mais je préfère les infusions de pepsine fraîchement préparées avec l'estomac de porc. Il est facile d'obtenir un estomac de porc d'un animal tué à la deuxième heure de la digestion. La muqueuse est très rouge, ce qui indique que les glandes peptiques sont en pleine activité, je détache la muqueuse de la tunique musculaire de l'estomac, je ne prends que la partie rougeâtre de la muqueuse, mais pas la partie blanche pylorique, et je la coupe en petits fragments; puis j'ajoute à cette bouillie fine un volume égal d'un liquide composé de 1 vol. de glycérine et de 2 vol. d'eau distil-

lée, j'acidifie ce mélange avec de l'acide chlorhydrique jusqu'à réaction acide faible mais nette au tournesol, et je le laisse pendant trois jours à une température de 35°, après quoi je filtre, d'abord à travers une mousseline, et puis à travers le papier, et je conserve le liquide dans un flacon bouché en y ajoutant une goutte d'éther. Cette infusion de pepsine est extrêmement active, bien plus active que l'infusion glycérique de Grübler et elle se conserve assez longtemps, pendant plusieurs mois. Il faut avoir soin de laisser tomber dans le liquide une goutte d'éther de temps en temps. Pour se servir de cette infusion il faut la diluer d'environ 10 fois son volume d'eau distillée acidulée à 1 pour 1000 avec de l'acide chlorhydrique.

L'extrait glycérique de Grübler doit être employé plus dilué encore, car il contient beaucoup plus de glycérine et d'autres matières, et il est plus concentré.

Les trois ferments d'origine végétale, émulsine, papaïne et diastase, m'ont été fournis par M. A. Brun, pharmacien, ils sont très actifs tous les trois.

Quant aux trois ferments nouveaux : ferments peptonisants retirés des reins du porc, du foie de porc, et des bactéries ordinaires (*Bacterium termo*), les deux premiers sont sous forme d'extraits glycériques préparés par M. Sittel, tandis que le troisième est obtenu d'une culture de bactéries sur de la gélatine liquide, ainsi que je le décrirai en parlant de ce ferment.

Les propriétés de ces ferments étudiés en collaboration avec M. le professeur Alexandre Danilewsky au cours d'un travail sur les ferments en général, seront décrites dans ce travail. Je n'en donnerai ici qu'un aperçu sommaire afin de pouvoir étudier l'action de la pepsine sur ces ferments.

Les ferments du suc pancréatique ont été obtenus en faisant l'infusion du pancréas dans un mélange de glycérine et d'eau distillée, acidulé légèrement par l'acide acétique; ceux du suc intestinal par l'infusion de la muqueuse intestinale. Je donnerai plus loin, en parlant de chacun de ces ferments, le détail des opérations.

Diastase.

La diastase est préparée par M. A. Brun avec l'orge germée; cette préparation ne contient ni sucre, ni amidon; elle est excessivement active.

La diastase agit en réaction acide très faible et en réaction neutre; elle transforme l'amidon cuit en sucre; cette transformation peut être constatée par les réactions suivantes :

1° Réaction avec l'iode, l'absence de la coloration bleue indique l'absence de l'amidon qui a été transformé en sucre.

2° La réaction de Trommer.

3° La réaction de Trommer modifiée par H. Schiff (réaction de Schiff).

4° Réaction avec le molybdate d'ammoniaque.

5° Réaction avec le tungstate d'ammoniaque.

6° Réaction avec le carmin d'indigo.

La bile n'empêche pas l'action de la diastase.

La salsepareille ne l'empêche pas non plus.

Action de la pepsine.

Mes extraits de pepsine, pas plus que l'extrait glycérique de pepsine de Grübler, n'exercent aucune action sur l'amidon, cependant on ne peut pas faire l'expérience en laissant agir dans le même liquide la pepsine sur la diastase et celle-ci sur l'amidon, car la réaction acide,

convenable à la pepsine, est très défavorable à la diastase; il faut donc faire l'expérience en deux temps: d'abord faire agir la pepsine sur la diastase, et puis, après avoir neutralisé le liquide, examiner son action sur l'amidon. Voici la marche de l'expérience.

Il faut faire une solution étendue de diastase dans l'eau distillée; cette solution filtrée est divisée en quatre parties égales.

La portion I contient: diastase et pepsine active.

La portion II contient: diastase et pepsine bouillie.

La portion III contient: diastase, salsepareille et pepsine active.

La portion IV contient: diastase, quelques gouttes de bile, traitée ainsi que nous l'avons dit; et pepsine active.

Ces quatre portions ont exactement la même réaction légèrement acide, convenable à l'action de la pepsine (les papiers de tournesol doivent être extrêmement sensibles); elles sont abandonnées à une température de 38° pendant $^1/_2$ heure.

Au bout de ce temps on neutralise l'acide de ces quatre liquides, et la réaction devient très faiblement acide, presque neutre; puis on ajoute à chacun d'eux un volume égal d'une solution étendue d'amidon cuit, et on les laisse pendant quelques minutes à la température de 38°. Au bout de ce temps on constate que les portions II, III et IV accusent par les différentes réactions la disparition de l'amidon, et sa transformation en sucre, ce que du reste on voit aussi par l'aspect du liquide, qui est tout à fait transparent, tandis que la portion I est légèrement trouble et opalescente, comme le sont toujours les liquides qui contiennent de l'amidon; elle se colore en bleu foncé par l'iode et ne montre aucune des réactions du sucre.

La pepsine détruit donc la diastase.

A. Gautier dit dans son livre sur la chimie physiologique, que, pour que la pepsine puisse agir d'une façon destructive sur la diastase dans un liquide qui les contient toutes les deux, il faut que la pepsine trouve dans ce liquide une substance albumineuse, fibrine ou autre, sur laquelle elle puisse exercer son action, mais que dans un liquide où elle ne trouve aucune substance qu'elle puisse peptoniser, elle laisse la diastase sans l'attaquer.

Dans mes expériences je n'ai jamais pu voir rien de semblable, l'action de la pepsine s'exerçait sur la diastase tout aussi bien lorsque celle-ci était seule, que lorsqu'elle était accompagnée de fibrine. On pourrait supposer que la préparation de la diastase contenait, outre le ferment diastatique, quelque substance albumineuse sur laquelle la pepsine pourrait agir, mais la réaction du biuret devrait nous révéler une semblable action de la pepsine sur le liquide, et je n'ai pu noter aucun changement dans la réaction du biuret. Rien ne prouve l'existence d'une semblable action dans mes liquides.

Emulsine.

L'émulsine est un ferment contenu dans les amandes amères; il agit sur l'amygdaline qu'il décompose en glucose, acide cyanhydrique, et essence d'amandes amères.

L'émulsine agit dans les trois réactions, mais la réaction neutre est la plus convenable; elle peut agir aussi en réaction faiblement acide ou faiblement alcaline.

Les réactions indiquant l'action de l'émulsine sur l'amygdaline sont : l'odeur forte d'amandes amères, et la réaction du bleu de Prusse avec le sulfate de fer.

La bile et la salsepareille n'ont aucune action sur l'émulsine employées en quantité suffisante pour empêcher l'action de la pepsine.

Action de la pepsine.

On pourrait faire l'expérience en ajoutant à une solution d'amygdaline la pepsine et l'émulsine à la fois, mais cela ne démontre pas grand'chose, car la réaction acide qu'il faut donner au liquide, pour que la pepsine puisse agir, est défavorable à l'action de l'émulsine, celle-ci n'agit presque pas sur l'amygdaline et la réaction du bleu de Prusse donne un liquide à peine verdâtre.

Il vaut bien mieux faire l'expérience en deux temps. D'abord on met en présence la pepsine et l'émulsine, en donnant au liquide une réaction acide convenable à la pepsine, et en laissant ce liquide pendant quelques minutes à la température de 38°, on voit que l'émulsine est très rapidement détruite et le liquide a perdu toute action sur l'amygdaline.

Si on fait la même expérience, mais en se servant de pepsine préablement tuée par une ébullition assez prolongée, ou bien de pepsine rendue inactive par la présence d'une petite quantité de bile ou de salsepareille, on voit alors que, même en laissant l'émulsine subir une action beaucoup plus prolongée de la pepsine ainsi modifiée, elle ne perd pas du tout ses propriétés et reste aussi active que normalement.

C'était donc bien la pepsine comme ferment actif qui avait opéré la destruction de l'émulsine.

Papaïne.

La papaïne est un ferment peptonisant d'origine végétale retiré du Carica Papaya.

Ce ferment agit sur l'albumine et sur la fibrine et les transforme en peptones.

Il exerce son action dans les trois réactions : neutre, alcaline faible et acide faible; cette dernière est la plus favorable et la digestion se fait plus vite dans cette réaction que dans les deux autres, cependant la réaction alcaline faible lui est favorable aussi.

Les réactions qui indiquent l'action de la papaïne sur les matières albumineuses, sont les mêmes que pour les ferments digestifs, pepsine et trypsine, les réactions propres aux peptones.

La bile n'a pas d'action sur la papaïne en petite dose, la salsepareille non plus, mais des doses plus grandes de ces deux liquides empêchent son action ou du moins la retardent.

Action de la pepsine. Mes infusions de pepsine ainsi que l'extrait de Grübler ne donnant qu'une réaction Biuret très pâle, à peine rosée, cette réaction peut être employée pour la papaïne.

Pour faire les expériences il faut prendre une solution de papaïne assez étendue, mais bien active et la diviser en quatre portions :

Portion I contient : papaïne et pepsine active.

Portion II contient : papaïne et pepsine bouillie.

Portion III contient : papaïne, quelques gouttes de salsepareille et pepsine active.

Portion IV contient : papaïne, quelques gouttes de bile et pepsine active.

Les quatre portions ont toutes exactement la même réaction acide et sont exposées à la température de 38°.

Après 1/2 heure on les neutralise toutes les quatre, et on rend la réaction faiblement alcaline, puis on plonge dans chacune d'elles un filament de fibrine et on les chauffe de nouveau à 38°.

On voit bientôt le filament de fibrine disparaître dans les portions II, III et IV et si on met encore deux filaments dans chacune d'elles, la réaction du Biuret y devient ponceau vif et indique beaucoup de peptones.

La portion I garde son filament de fibrine tout à fait intact et ne le digère pas du tout.

La pepsine détruit la papaïne.

Ferments hydrolytiques extraits des reins et du foie.

Je décris ces deux ferments ensemble, car leur action est la même et ils ont des propriétés semblables vis-à-vis des diverses substances chimiques ; je n'ai pas pu établir entre ces deux ferments aucune distinction notable, le ferment extrait des reins est seulement plus actif et agit plus rapidement que celui extrait du foie, ces deux ferments étant pris à volumes égaux d'extrait de ces deux organes ; mais peut-être cette différence est-elle due seulement à la quantité relative de ces ferments qui se trouve dans chacun de ces organes, l'extrait de l'un étant plus riche que l'extrait de l'autre.

Pour obtenir ces ferments on peut se servir des extraits glycériques des reins et du foie de porc, préparés par M. Sittel, ces extraits sont très riches en ferment et très actifs, ou bien préparer soi-même des extraits avec ces organes pris sur divers animaux, tels que pigeons, chats, chiens, porcs. Ces organes ne contiennent cependant pas toujours ces fer-

ments; il existe des conditions spéciales qui favorisent le développement de ces ferments dans les organes.

Ces conditions seront décrites dans le travail de M. Danilewsky.

Pour faire les extraits il faut hacher finement ces organes et puis ajouter un égal volume d'un mélange de une partie de glycérine avec deux parties d'eau, aciduler ce mélange avec un peu d'acide acétique, et le chauffer pendant plusieurs heures à la température de 38°, puis passer à travers une mousseline, filtrer sur du papier et conserver le liquide avec une goutte d'éther dans un flacon bouché.

Ces ferments agissent sur la fibrine et sur l'albumine comme aussi sur la gélatine. Ils dissolvent ces substances. Ils agissent dans les trois réactions : neutre, acide faible et alcaline faible; cette dernière est la plus favorable, tandis qu'une acidité un peu plus forte empêche leur action ; ils ne tolèrent qu'une acidité excessivement faible. Cette réaction acide peut être due soit à l'acide chlorhydrique ou bien à l'acide acétique, peu importe, pourvu qu'elle soit *très faible.*

Leur action pourrait donc être comparée à l'action de la pepsine, ou plutôt de la pancréatine, et on pourrait supposer que ces extraits glycériques renferment un mélange de ces deux ferments, chacun d'eux agissant dans la réaction qui lui est la plus convenable; mais nous verrons qu'on peut établir des différences essentielles entre ces ferments hydrolytiques et les ferments digestifs : pepsine et pancréatine; il suffit pour cela de trouver quelques substances qui agissent sur les uns et laissent les autres sans action. L'analogie avec la pepsine peut à peine être invoquée, car l'acidité favorise l'action de la pepsine, laquelle peut supporter une dose d'acide chlorhydrique bien supérieure à celle qui empêche totalement

l'action de ces deux ferments. C'est plutôt avec la pancréatine que la ressemblance est importante à examiner.

Les différences à signaler entre ces ferments et la pancréatine sont très nombreuses; je n'en signalerai dans ce travail que quelques-unes, qui suffisent à établir la distinction entre ces deux ordres de ferments.

L'infusion de la salsepareille et la bile établissent bien cette différence, car ces substances agissent diversement sur la pancréatine et les ferments dont nous parlons; ceux-ci, quelle que soit la réaction du liquide, sont entièrement empêchés dans leur action, par la présence dans le liquide de l'une de ces deux substances, tandis que la pancréatine n'en est nullement gênée dans son action.

L'hydrogène et l'acide carbonique nous fournissent une seconde preuve. Ils favorisent l'action de ces ferments, tandis que ces mêmes gaz n'influent en rien sur l'action de la pancréatine [1].

Ces différences suffiraient; mais je noterai encore l'action du phosphore. Je me suis servi de vaseline blanche dans laquelle j'ai fait dissoudre le phosphore (5 °/₀ environ); je mettais de cette vaseline, la valeur d'une tête d'épingle, ou davantage selon les cas, mais il faut avoir la précaution de surveiller constamment la réaction du liquide, qui change à cause de la formation de vapeurs d'acide phosphorique. De même que les autres substances mentionnées, le phosphore n'a aucune action sur la pancréatine, tandis qu'il a une influence notable sur le ferment hydrolytique retiré des reins et du foie, et cette influence est variable selon la quantité de phosphore employée. Une très petite quantité de phosphore accélère l'action de ce

[1] L'expérience se fait en saturant les liquides étudiés par ces gaz.

ferment, tandis qu'une grande quantité retarde considérablement cette action.

Toutes ces différences nous obligent à considérer le ferment hydrolytique en question comme entièrement distinct des fragments digestifs — pepsine et pancréatine. Il se distingue aussi nettement de la pepsine par la manière différente avec laquelle la bile et la salsepareille se comportent vis-à-vis de ces deux ferments.

Action de la pepsine. Dans ces expériences, il est préférable d'étudier l'action du ferment hydrolytique sur la gélatine, car cette action est très rapide, bien plus rapide que sur la fibrine, surtout en réaction alcaline.

En agissant sur la gélatine, ce ferment provoque sa dissolution; la gélatine perd la faculté de se gélatiner et reste liquide. La réaction du Biuret montre alors très nettement que cette liquéfaction s'accompagne de la formation de peptones; une minime quantité de ferment suffit pour opérer la transformation d'une notable quantité de gélatine. La gélatine est employée en solution aqueuse à 5 ou 10 °/₀.

Pour étudier l'action de la pepsine sur ce ferment, il faut faire l'expérience en deux temps. Faire d'abord agir la pepsine sur le ferment, dans une réaction acide convenable à la pepsine; puis faire agir ce liquide sur la gélatine, en réaction alcaline faible, favorable au ferment hydrolytique, mais impropre à l'action de la pepsine, laquelle ne pourra plus agir sur la gélatine.

On prépare deux liquides acidifiés convenablement par l'acide chlorhydrique et contenant l'un et l'autre une égale quantité d'extrait glycérique des reins et du foie. A l'un de ces liquides on ajoute de la pepsine active, à l'autre une quantité égale de pepsine qui a été soumise

préalablement à une ébullition prolongée, et on laisse ces deux liquides à la même température de 38° pendant quelque temps. Au bout de 15 à 20 minutes, on neutralise ces deux liquides, en leur donnant même une réaction alcaline faible, et on les ajoute en égale quantité à des volumes égaux d'une solution de gélatine à 10 °/₀ liquéfiée par la chaleur; on agite avec une baguette pour bien mélanger, et on plonge dans l'eau froide. La gélatine se prend en masse, donc elle est parfaitement solidifiable dans les deux portions. Alors on expose ces deux portions à une température de 38° pendant quelque temps, et on voit, en les retirant de temps en temps pour les plonger dans l'eau froide, que la portion qui contenait la pepsine tuée par l'ébullition, perd au bout d'une demi-heure à une heure, suivant la quantité de ferment hydrolytique employée, la faculté de se gélatiniser par le froid. Elle montre en même temps la réaction du Biuret très nette, tandis que la portion qui contient la pepsine active reste solidifiable pendant un temps indéfini. Elle commence à à se peupler de bactéries au bout de deux à trois semaines, mais les chauffages à 38° répétés ne montrent aucun changement, et la réaction du Biuret fait défaut.

La pepsine a donc détruit le ferment hydrolytique; elle opère cette destruction remarquablement vite. Il suffit de chauffer à 38° pendant un quart d'heure et même moins, si les proportions des ferments sont convenables, pour constater que la pepsine a déjà détruit le ferment hydrolytique; et la preuve que c'est bien la pepsine, et non la réaction acide qui en est la cause, est donnée par le second liquide qui contient la pepsine tuée par l'ébullition et où le ferment a gardé son activité.

On peut de même, au lieu de gélatine, employer la

fibrine, et on voit que le ferment hydrolytique a perdu toute action après avoir été soumis à l'influence de la pepsine ; il ne peut plus digérer la fibrine.

Il est indifférent d'employer dans ces expériences les extraits de reins ou de foie, car ces deux organes contiennent comme nous l'avons déjà dit, le même ferment. Je me suis également servi des extraits préparés par moi-même, ou de ceux préparés par Sittel, qui sont aussi très riches en ferment; ces extraits gardent pendant très longtemps leur activité. Ces ferments hydrolitiques sont facilement attaqués par un grand nombre de substances diverses, de sorte que je n'ai pas pu me servir de bile ni de salsepareille pour empêcher l'action de la pepsine dans mes expériences, ainsi que je l'ai fait dans l'étude des autres ferments, car ces deux substances sont encore plus nuisibles à ces ferments qu'à la pepsine; mais je considère que les expériences de contrôle, faites avec la pepsine bouillie, sont une preuve suffisante et démontrent que c'est vraiment la pepsine qui agit en tant que ferment.

Ferment hydrolytique extrait des bactéries.

Pour obtenir ce ferment, voici le procédé que nous avons employé, M. Danilewsky et moi.

On prépare un liquide composé de 300 grammes de gélatine brune ordinaire, 3 gr. de poudre de pancréatine et de 12 litres d'eau. On fait ce mélange à une douce chaleur; la gélatine se liquéfie sous l'influence de la pancréatine et ne se gélatinise plus. On abandonne le liquide ainsi formé, à l'air, pendant 7-8 semaines, en ajoutant de temps en temps un peu d'eau. Il se forme peu à peu une couche assez épaisse de bactéries à la surface du liquide, et cette couche s'épaissit de plus en plus. Au fond du liquide il y a aussi une couche épaisse de zooglée et de bactéries. Au bout de ce temps on décante le liquide, et on verse le résidu épais sur un filtre

double, on lave rapidement avec beaucoup d'eau ordinaire. Quand l'eau coule transparente et claire, on laisse égoutter, puis on jette dépôt et filtre ensemble dans un vase contenant de la glycérine, et on broie en mélangeant aussi bien que possible. On laisse reposer cette infusion glycérique pendant 15 jours, puis on la passe à travers de la mousseline et on la filtre.

On ajoute au liquide filtré une grande quantité d'alcool concentré et d'éther, ce qui donne un précipité assez abondant, qu'on recueille sur un filtre, et qu'on lave avec un mélange d'alcool et d'éther.

Pour se servir du précipité qui contient le ferment, on en jette un peu sur un filtre, qu'on dessèche à une douce chaleur; l'alcool et l'éther s'évaporent, alors on le fait dissoudre dans un peu d'eau tiède, et on filtre sur un tout petit entonnoir.

On obtient ainsi un ferment qui agit très bien sur la gélatine, mais pas du tout sur la fibrine ni sur l'albumine. Il liquéfie la gélatine.

Ce ferment agit dans les trois réactions, mais pourtant la réaction alcaline faible est la plus favorable, tandis qu'une réaction acide n'est tolérée que si elle est très faible. L'acide acétique est mieux toléré que l'acide chlorhydrique.

Un grand nombre de substances diverses agissent en empêchant totalement ou en retardant l'action de ce ferment; parmi ces substances, il faut citer la salsepareille et la bile, qui empêchent tout à fait ce ferment d'agir.

Une atmosphère d'hydrogène ou d'acide carbonique favorise au contraire l'action de ce ferment; pour faire l'expérience on sature par ces gaz les liquides qui contiennent le ferment.

Ces caractères servent bien à distinguer ce ferment de la pepsine et de la pancréatine avec lesquelles on pourrait

les comparer, mais son inactivité vis-à-vis de l'albumine et de la fibrine est déjà une preuve suffisante que nous n'avons affaire ni à de la pepsine, ni à de la pancréatine, mais bien à un ferment nouveau, distinct des ferments digestifs connus. On peut rapprocher ce ferment de celui que nous avons extrait des reins et du foie; cependant il ne lui est pas identique, car il n'agit pas sur les formes de l'albumine autres que la gélatine. Cela le distingue aussi du ferment du Carica Papaya.

Action de la pepsine. L'expérience doit être faite en deux temps; dans le premier temps on fait agir la pepsine en réaction acide convenable sur le ferment des bactéries; dans le second, on ajoute une portion de ce liquide à une solution de gélatine à 5 ou 10 $^0/_0$, on alcalinise faiblement le liquide et on attend le résultat en maintenant le liquide à une température convenable de 38°.

On voit alors que les portions qui contiennent la pepsine tuée par une ébullition prolongée, montrent une action très rapide du ferment des bactéries sur la gélatine, tandis que celles qui contiennent la pepsine active restent indéfiniment sans présenter aucune modification de la gélatine; celle-ci continue à se regélatiniser par le refroidissement et ne montre pas de réaction du biuret.

La pepsine a donc détruit le ferment des bactéries, et cette destruction s'opère très rapidement.

Il faut noter en parlant de l'action du ferment des bactéries sur la gélatine, le rapide développement des phénomènes de décomposition de suite après la peptonisation, ce que montre bien l'aspect trouble du liquide et la mauvaise odeur ; les bactéries s'y développent très rapidement.

Nous avons passé en revue un assez grand nombre de ferments et nous avons vu que tous ces ferments étaient

détruits par la pepsine. Nous avons en même temps noté une action énergique exercée par la bile sur le ferment hydrolytique extrait du foie et des reins, et sur le ferment extrait des bactéries. Je me suis demandé si ce sont les mêmes principes constituants de la bile qui agissent sur ces ferments que ceux qui agissent sur la pepsine.

J'ai essayé les mêmes acides biliaires que pour la pepsine ; ce sont : les acides thaurocholique, glycocholique, chénocholalique et cholalique, et, à l'inverse de ce que j'ai trouvé pour la pepsine, aucune de ces substances n'a montré d'action nuisible sur ces ferments. Quelle est la substance contenue dans la bile qui exerce cette influence funeste sur les ferments ? Je n'en sais rien, n'ayant pas pu me procurer d'autres principes biliaires. Je me propose du reste de continuer ces expériences.

Jusqu'ici nous avons étudié les ferments solubles qui peuvent occasionnellement être ingérés par l'organisme ; étudions maintenant les ferments digestifs, avec lesquels le suc gastrique est mis en contact pendant l'acte de la digestion.

Cette étude fera l'objet du chapitre suivant.

(*A suivre.*)

SUR LA

TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE

DANS LE CHAMP ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE[1]

PAR

M. J.-H. POYNTING

Bien que ce mémoire ait été publié il y a maintenant cinq ans, son importance est suffisante pour justifier la reproduction que nous en donnons, sinon dans son entier, du moins dans ses déductions analytiques les plus simples et ses applications les plus intéressantes. Ajoutons que l'attention est ramenée vers les vues nouvelles de M. Poynting sur les phénomènes du champ électromagnétique par la découverte de la propagation des oscillations électriques. En effet, les résultats expérimentaux inattendus que M. Hertz a obtenus sont une confirmation du rôle théoriquement assigné aux milieux diélectriques et font pressentir que la manière dont il faut envisager les conducteurs et les effets perceptibles qu'ils localisent va probablement se modifier. Entrons avec l'auteur dans la question qu'il a résolue.

[1] *Philosophical transactions of the Royal Society of London.* 1884, vol. 175, p. 343.

Une portion d'espace contenant des courants électriques est un champ, où, d'une part en certains points, de l'énergie est transformée en électricité ou magnétisme par des batteries voltaïques, des dynamos, des actions thermoélectriques, et, où d'autre part en d'autres points, cette énergie est de nouveau transformée en chaleur ou en tout autre travail effectué par le courant. On regardait autrefois le courant comme quelque chose qui se propageait le long du conducteur et toute production d'énergie était supposée apportée par ce canal. Sous l'influence des idées de Faraday et de Maxwell le rôle du milieu ambiant, mis en évidence en particulier par les phénomènes d'induction, est devenu un élément essentiel de la théorie. Si l'on admet que l'énergie se propage d'une manière continue, c'est-à-dire qu'elle ne peut disparaître en un point et apparaître en un autre sans avoir traversé les points intermédiaires, on doit conclure que le milieu ambiant contient au moins une partie de l'énergie et qu'il est capable de la propager.

Partant de ce principe, Maxwell a envisagé l'énergie contenue dans le milieu et l'a exprimée en un point quelconque en fonction de l'intensité électromotrice, de l'intensité magnétique et de la nature du milieu, celle-ci étant caractérisée par la capacité inductrice et la perméabilité magnétique de la substance. Les courants consistent essentiellement en une certaine distribution d'énergie dans le conducteur et autour de lui, accompagnée d'une transformation et par conséquent d'une transmission d'énergie dans le champ.

L'auteur s'est proposé de trouver quelle est la loi suivant laquelle l'énergie se transmet et il l'a formulée comme suit : « L'énergie se meut normalement au plan

contenant en ce point la force électrique et la force magnétique; la quantité d'énergie traversant dans la seconde l'unité de surface est égale au produit des deux forces par le sinus de leur angle divisé par 4π ; la direction du flux est celle suivant laquelle se mouvrait une vis dextrorsum tournant sur son axe de la direction positive de la force électrique vers la direction positive de la force magnétique. »

Voici le résumé, tel que M. Poynting le donne, de la marche qu'il suit. Désignant par E l'insensité électromotrice (la force qui agirait en ce point sur l'unité d'électricité positive), par K la capacité spécifique inductrice, par H la force magnétique (la force qui agirait sur un pôle nord unité), par μ la perméabilité magnétique, l'expression donnée par Maxwell pour l'énergie par unité de volume est :

$$KE^2/8\pi + \mu H^2/8\pi \qquad (1)$$

Il en résulte que la variation d'intensité dans une seconde est la dérivée par rapport à t de cette expression :

$$KE\frac{dE}{dt}/4\pi + \mu H\frac{dH}{dt}/4\pi \qquad (2)$$

D'après Maxwell le vrai courant est la somme du courant par conduction C et du courant de déplacement dans le milieu diélectrique. Ce dernier est provoqué par une variation du déplacement, $KE/4\pi$, et a pour expression $KdE/dt/4\pi$. Multipliant la différence E—C par E, on a donc :

$$KE\frac{dE}{dt}/\pi = E^2 - CE \qquad (3)$$

Le premier terme du second membre peut être transformé en substituant aux composantes du courant les composantes de la force magnétique ; le second terme devient, par la loi de Ohm d'après laquelle FC=EF, F étant le pouvoir conducteur, C^2/F. Or c'est l'expression de la chaleur dégagée par le courant, d'après la loi de Joule. En faisant la sommation de la quantité (3) ainsi transformée *pour tout l'espace compris dans une surface fermée*, le premier terme peut être integré par parties et l'intégrale se compose de deux termes, l'un ne dépendant que de la surface et dans l'expression duquel chaque élément de la surface entre avec une valeur qui dépend des intensités électriques et magnétiques en ce point, l'autre étant la variation par seconde de l'énergie magnétique, qui est le second terme de (2), prise avec le signe —. Il résulte de là que la variation par seconde de la somme des énergies électriques et magnétiques dans l'intérieur d'une surface, en y joignant la chaleur développée par les courants, est égale à l'intégrale relative à la surface, et celle-ci interprétée donne lieu à l'énoncé qui a été formulé.

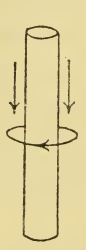
La démonstration mathématique de la loi consiste dans des intégrations par parties et des substitutions d'expressions à l'aide des formules de Maxwell. Elle peut être présentée sous une forme simplifiée, comme l'a montré M. Hertz (1), en partant des équations différentielles qui résument la théorie de Maxwell sur la propagation des forces électromotrices et magnétiques dans l'éther.

[1] *Archives des sciences physiques et naturelles.* 1889, tome XXI, p. 521.

Applications de la loi de transmission de l'énergie.

1. *Un fil rectiligne conduisant un courant.* Dans le voisinage immédiat du fil et à l'intérieur du fil, les lignes de force magnétique sont des cercles autour de l'axe du fil. Les lignes de force électrique sont parallèles au fil, en admettant que le flux est le même sur tous les points de la section. La figure 1 représente le fil; le courant va dans le sens des flèches. Le plan tangent à la surface en un point quelconque contient les deux forces dont les intensités seront désignées par EM.I et M.I.

Fig. 1.



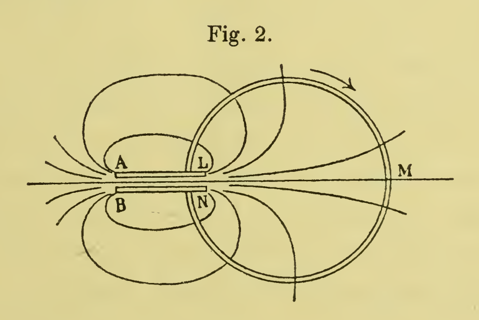
Le flux d'énergie est donc normal au plan tangent et dirigé suivant le rayon du cylindre de la surface vers l'axe. Considérons une portion du conducteur comprise entre deux sections droites. Il n'y a pas de flux au travers des sections, car elles ne contiennent pas de composante électromotrice. Toute l'énergie entre donc au travers de la surface externe et, d'après le théorème général, elle est équivalente à la chaleur développée. Cette équivalence peut se vérifier comme suit. Soit r le rayon du fil, i le courant, α l'intensité magnétique à la surface, P l'inten-

sité électromotrice constante en un point quelconque du conducteur et, sur une longueur l, soit V la différence de potentiel. Le flux d'énergie est $2\pi r l P \alpha / 4\pi$ qui devient iV en remarquant que l'intégrale de la force magnétique autour du courant, $2\pi r \alpha$, est égale à $4\pi i$ et que Pl est égal à V. D'autre part iV est égal à i^2R, R étant la résistance.

Il semble donc qu'aucune portion de l'énergie ne se transmet le long du fil, mais qu'elle est fournie par le milieu non conducteur, et qu'aussitôt qu'elle entre, elle est transformée en chaleur. La quantité qui traverse les couches cylindriques successives va en décroissant jusqu'à l'axe où elle est nulle puisque la force magnétique y disparaît.

2. *Décharge d'un condenseur par un fil.* Considérons le cas de la décharge lente d'un condenseur composé de deux plateaux parallèles reliés par un fil de grande résistance. Soient A et B les deux plateaux, A étant positif et B négatif, fig. 2.

Fig. 2.



Les sections des surfaces de niveau du potentiel avant la décharge sont représentées. La partie principale de l'énergie réside dans le diélectrique entre les plateaux, mais il y aura de l'énergie partout où il y a force électro-

motrice. Entre A et B, la EM.I va de A vers B et elle est partout normale aux surfaces. Joignons A à B par un fil fin LMN de grande résistance et supposons cette résistance variant de manière à être constante par une même chute de potentiel. Le flux dans le fil ne modifiera pas les surfaces de niveau.

Pendant que la décharge a lieu, un courant traverse le conducteur dans le sens indiqué par la flèche et il existe un courant de déplacement équivalent dans le diélectrique entre B et A. Le courant est entouré de lignes de force magnétique; autour du fil elles vont de droite à gauche en passant devant le fil, et autour de l'espace BA elles vont de gauche à droite, car la EM.I est dirigée de la surface de niveau de plus forte charge vers la surface de moins forte charge, donc de la surface plus rapprochée de A vers la surface plus rapprochée de B.

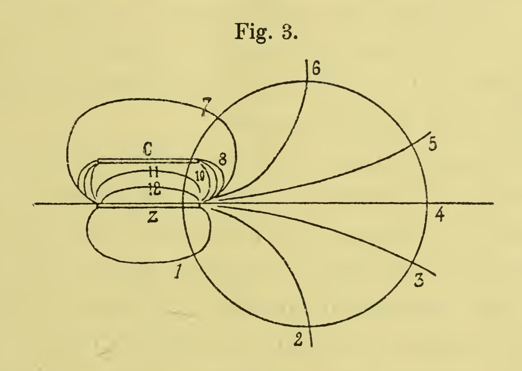
Relativement au fil le flux d'énergie a lieu comme on l'a vu dans le cas précédent. Mais entre A et B la EM.I est opposée au courant et la M.I garde sa même position par rapport au courant. Il en résulte que le flux d'énergie est dirigé de dedans en dehors. Ainsi, à mesure que la tension du diélectrique entre A et B est graduellement diminuée par ce que nous appelons un courant de décharge dans le conducteur, l'énergie abandonnée se transmet le long des surfaces de niveau, puisque le flux est normal à la EM.I, et converge vers le contour du conducteur où l'énergie est transformée en chaleur.

3. *Un circuit renfermant un élément voltaïque.* La distribution du potentiel est dans ce cas vraisemblablement la suivante. Supposons un élément zinc, cuivre, acide, reproduisant un courant constant. Il existe une élévation

brusque et considérable de potentiel en passant du zinc à l'acide, une chute au travers de l'acide due à la résistance, une chute brusque de l'acide au cuivre, puis une chute graduelle le long du conducteur. On néglige la faible différence du passage du cuivre au zinc. Les surfaces d'égal potentiel seront celles que représente la figure 3. Elles prennent toutes naissance à la surface de contact du zinc et de l'acide. Celles de plus forte valeur positive passent dans l'acide, les suivantes se condensent entre l'acide et le cuivre, puis les autres coupent le circuit à angle droit et à des intervalles qui représentent des chutes égales.

Cette disposition étant admise, il en résulte, comme pour le condensateur, que le flux d'énergie est dirigé de dedans en dehors entre le zinc et l'acide et se transmet au circuit le long des surfaces de niveau.

Fig. 3.



Le milieu entre le zinc et l'acide joue le même rôle qu'entre les plateaux du condenseur et il semble possible que l'action chimique produise incessamment du *déplacement électrique* nouveau, de l'acide vers le zinc, qui se dissipe aussitôt que formé, l'énergie se propageant latéralement.

Une portion de cette énergie, celle qui chemine le long des lignes de niveau de plus haute tension, converge sur l'acide et y est convertie en chaleur. Une autre portion cheminant le long des surfaces qui se condensent entre le cuivre et l'acide, compense l'énergie détruite par le dégagement d'hydrogène. Le reste diverge au dehors et finit par converger sur les différentes parties du circuit pour s'y transformer en chaleur suivant la loi de Joule.

Il est à remarquer que la quantité d'énergie transformée le long du circuit entre deux surfaces de niveau pour une différence de potentiel constante, V, est constante elle-même, et en admettant un courant invariable, cette énergie est celle qui s'échappe de l'élément entre les deux mêmes surfaces. Il suit de là qu'en désignant par V_1 la différence de potentiel entre le zinc et l'acide, par V_2 celle entre l'acide et le cuivre, les quantités d'énergie totale et convertie en chaleur dans le fil sont $V_1 i$ et $(V_1—V_2) i$ et leur rapport, où la proportion d'énergie disponible est $V_1—V_2/V_1$ résultat analogue au travail disponible d'une machine à vapeur.

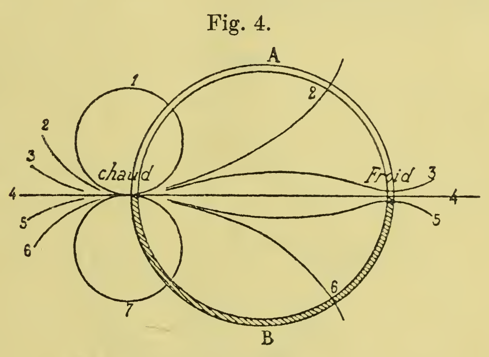
Comme application de ce mouvement d'énergie, supposons que l'on envoie un courant au travers d'un câble souterrain au moyen d'une pile dont le zinc est en communication avec le sol et supposons que la surface extérieure de l'enveloppe est partout au potentiel 0. Les surfaces de niveau sont comprises entre le conducteur et la surface extérieure de l'enveloppe. Ainsi l'énergie qui maintient le courant et met en mouvement l'aiguille à l'autre extrémité chemine au travers de la substance isolante et le conducteur central sert à mettre l'énergie en mouvement.

Si le seul effet dans un circuit est une production de

chaleur, l'énergie se propage vers le conducteur et là, subissant une transformation, rayonne de nouveau à l'état de chaleur ou de lumière. Si la théorie de Maxwell est vraie, elle se meut encore à l'état d'énergie électrique et magnétique mais avec une vitesse définie et sous un type intermittent. L'arc électrique présente ce singulier résultat que de l'énergie se meut vers l'intérieur de l'arc hors du milieu ambiant et qu'elle y prend une forme sous laquelle elle rayonne au dehors et devient capable d'affecter directement nos sens.

4. *Circuits thermoélectriques.* Considérons en premier lieu un circuit composé de deux métaux dont aucun ne possède l'effet Thomson. Supposons le courant dirigé au travers de la soudure chaude du métal A vers le métal B, fig. 4.

Fig. 4.

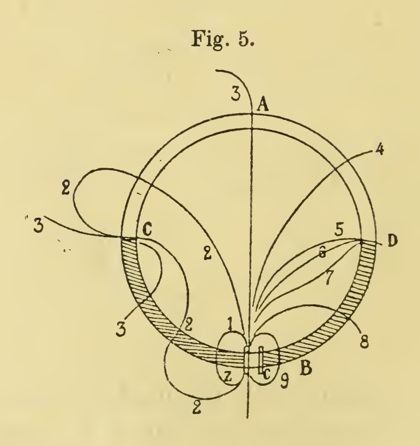


D'après la théorie de M. Tait on doit admettre que la EM.I à la soudure chaude est à celle de la soudure froide comme les températures absolues en ces deux points si le courant est constant. Il y a probablement une brusque élévation de potentiel de A à B, une chute graduelle le

long de B, une chute brusque à la soudure froide, moindre que la première et une chute graduelle le long de A. Les surfaces de niveau partiront toutes de la soudure chaude, celles de plus haute tension coupant B en ses points successifs, plusieurs convergeant sur la soudure froide et les autres se distribuant sur les points successifs de A. La chaleur à la soudure chaude est transformée en énergie qui va du dedans au dehors puisque le courant est en sens contraire de la EM.I. Une partie de cette énergie converge sur B et sur A pour y être convertie en chaleur et une partie sur la soudure froide pour y produire l'effet de Peltier.

Supposons maintenant le même circuit avec les soudures à la même température et avec une pile incluse dans le conducteur B produisant un courant dans le même sens que le précédent, fig. 5.

Fig. 5.



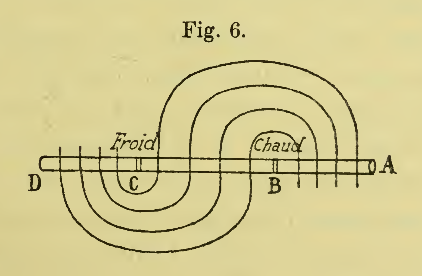
C étant la soudure qui était chaude et D la froide, nous savons que le courant tendra à refroidir C et à chauffer D. En allant de A à B il y aura une brusque élévation de

potentiel en C et une chute brusque en D en allant de B vers A. Puisque il y a chute graduelle du potentiel dans le sens du courant, il doit se trouver un point sur A près de C ayant le même potentiel que la soudure C de B. De ce point jusqu'à C les potentiels de A seront plus bas et il en sera de même pour les points de B compris entre C et la pile. Il en résulte que les surfaces de niveau passant par C sont ou des surfaces fermées coupant A et B et ne passant pas par la pile ou, ce qui est plus probable, coupent le circuit en trois points hors de la pile, l'un le long de A, l'autre en C et le troisième quelque part le long de B.

Les surfaces dessinées et numérotées dans la figure le sont d'après cette hypothèse. La chaleur développée dans les parties du circuit avoisinant C est ainsi en partie fournie par la soudure C ou le courant est en sens contraire de la EM.I. L'énergie s'y meut de dedans en dehors produisant un refroidissement.

L'effet Thomson peut-être considéré d'une manière analogue. Supposons qu'un métal BC du type fer et avec une température diminuant de B vers C forme une partie du circuit entre deux métaux neutres du type plomb AB et CD, fig. 6, et pour plus de simplicité que

Fig. 6.



ces métaux sont chacun aux températures neutres

par rapport à BC, de telle sorte qu'il n'y a pas de EM.I aux soudures. Si nous faisons passer un courant de A vers D, dû à une force électromotrice extérieure, le potentiel tombe en allant de A vers D. Mais un courant dans le fer allant du chaud au froid refroidit le métal, c'est-à-dire que la EM.I doit y être opposée au courant et que de l'énergie en sort. Le potentiel a donc une tendance à s'élever de B vers C, et c'est ce qui a lieu si la résistance de BC est négligeable par rapport à la résistance totale. Les surfaces de niveau seront donc celles indiquées dans la figure et l'énergie allant vers l'extérieur reviendra dans le circuit dans les parties AB et CD voisines des soudures où elle sera de nouveau convertie en chaleur. Si c'est là la vraie manière d'envisager l'effet Thomson, il semble qu'il doit être décrit non comme une absorption ou un développement de chaleur par le courant, mais comme un mouvement d'énergie du dedans au dehors ou du dehors au dedans du métal, suivant que le sens du courant dans le métal inégalement chauffé est opposé à la EM.I ou se trouve de même sens.

5. *Un circuit renfermant un moteur.* Ce cas est très semblable à celui d'un circuit renfermant un élément, le moteur jouant un rôle analogue à celui de la surface de l'acide et du cuivre. Supposons pour simplifier que le moteur n'a pas de résistance. Si la vitesse du moteur est nulle, les surfaces de niveau coupent le circuit de manière que toute l'énergie y est transformée en chaleur, mais si le moteur est mis en mouvement, des surfaces du niveau y convergent. Celles qui coupent le reste du circuit deviennent de moins en moins nombreuses à mesure que la vitesse s'accroît.

6. *Courants induits.* Il n'est pas aussi facile de se faire une idée du mouvement de l'énergie lorsque le champ se modifie et qu'il y a production de courants induits. Mais nous pouvons voir d'une manière générale comment ils sont produits. Tant que le courant primaire est constant, il n'y a pas de EM.I dans le secondaire, car il est tout entier au même potentiel. L'énergie circule autour de lui à la façon d'un courant liquide autour d'un obstacle. Mais si le primaire change, il y a une nouvelle distribution d'énergie dans le champ. Pendant cette modification il y a une EM.I temporaire mise en action dans le conducteur secondaire et de l'énergie y est transformée en chaleur.

7. *La théorie électromagnétique de la lumière.* La vitesse de propagation d'une onde plane de lumière polarisée peut être déduite de la considération du flux d'énergie. Si les ondes se propagent avec une vitesse constante, l'énergie due au dérangement initial se propage de même. Si v est la vitesse de propagation, l'énergie contenue dans l'unité de volume cubique ayant une face dans le plan de l'onde traverse cette face dans $1/v$ de seconde. Supposons que l'onde se propage en avant, et que les déplacements sont de haut en bas et de bas en haut; alors l'intensité magnétique est latérale. Soit e la EM.I et h la M.I dans le volume supposé assez petit pour que ces valeurs y soient constantes. Le flux d'énergie est $eh/4\pi$ par seconde, d'où l'on déduit :

$$\frac{eh}{4\pi v} = \frac{Ke^2}{8\pi} + \frac{\mu h^2}{8\pi} \qquad (1)$$

Considérons une face du cube perpendiculaire à la di-

rection du déplacement; elle contient la M.I et la ligne intégrale de la MI autour de cette face est égale à $4\pi \times$ courant au travers de la face.

En désignant par z la distance à un plan fixe suivant la direction du déplacement, la ligne intégrale de la M.I a pour valeur $-dh/dz$, et le courant, étant une variation du déplacement, est $K/4\pi . de/dt$; on a donc :

$$-\frac{dh}{dz} = K \frac{de}{dt} \tag{2}$$

Puisque le déplacement se propage avec la vitesse v sans altération, le déplacement actuel en un point donné deviendra après dt celui qui se trouve actuellement à une distance dz en arrière, dz étant donné par vdt. D'où :

$$\frac{de}{dt} = -v \frac{de}{dz} \tag{3}$$

substituant cette valeur dans (2), on trouve :

$$\frac{dh}{dz} = Kv \frac{de}{dz}$$

et par intégration :

$$h = Kve \tag{4}$$

La fonction du temps arbitraire est nulle parce que h et e sont simultanément nuls dans tous les points non encore atteints par l'onde.

Remplaçons dans (1) h par sa valeur tirée de (4) et divisons par e^2, on a :

$$1 = \mu K v^2$$

ou

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu K}}$$

On démontre que cette valeur pour v est la plus grande vitesse avec laquelle les deux énergies puissent être propagées simultanément et qu'il faut qu'elles soient égales entre elles pour que cette condition se réalise.

Résumé. Après avoir montré ainsi comment le principe de la transmission de l'énergie peut être appliqué à un grand nombre de faits expérimentaux, l'auteur résume ses recherches par les considérations suivantes.

L'usage du terme *déplacement* employé par Maxwell pour désigner l'un des facteurs de l'énergie électrique du milieu est probablement pour quelque chose dans la notion plus ou moins acceptée que l'énergie est transportée le long du conducteur, car d'après la théorie le *déplacement* dans un conducteur ayant un courant augmente continuellement avec le temps. Mais comme les exemples qui précèdent le montrent, un courant dans un conducteur doit plutôt être considéré comme une convergence d'énergie électrique et magnétique du milieu dans le conducteur et leur transformation en chaleur ou travail. Le courant dans une source de force électromotrice consiste au contraire en une diffusion d'énergie du courant vers le milieu ambiant.

Il peut sembler à première vue que nous devons réussir à trouver de nouvelles preuves expérimentales de ce mouvement d'énergie s'il a réellement lieu. Mais soit les lois des courants constants dans les conducteurs, soit celles des courants induits, lorsque le champ électrique est variable, sont des conséquences des équations de Max-

well qui ont précisément pour objet de rendre compte des faits expérimentaux. Nous ne pouvons donc guère espérer d'autre preuve de la loi de transmission que celle de son accord avec les phénomènes déjà connus, jusqu'à ce que l'on ait découvert quelque méthode de vérifier ce qui se passe dans le diélectrique indépendamment du circuit secondaire.

L. d. l. R.

SUR LA

TRANSMISSION DES ONDES ÉLECTRIQUES

PAR DES FILS CONDUCTEURS

PAR

M. H. HERTZ[1]

Professeur à l'Université de Bonn.

(Traduction.)

Lorsqu'un courant électrique constant passe par un fil cylindrique, il revêt la même intensité en chacun des points de la section de ce fil. Dans le cas d'un courant variable, au contraire, la distribution des forces électriques dans le fil change sous l'action de la self-induction. Les portions centrales du fil étant plus rapprochées de l'ensemble des éléments qui le composent que celles des bords, l'action de l'induction pour réduire les variations d'intensité du courant s'exercera plus sur les parties centrales que sur les couches superficielles et le courant sera plus fort près de la surface que dans le voisinage de l'axe du

[1] H. Hertz, Ueber die Fortleitung electrischer Wellen durch Drähte. *Annales de Wiedemann*, t. XXXVII, p. 395, 1889.

fil. Lorsque le courant change plusieurs centaines de fois dans la seconde, le changement produit dans la distribution du courant dans le fil n'est déjà plus inappréciable. Cette inégalité de distribution croît vite avec le nombre des changements de sens du courant et quand ce nombre atteint plusieurs millions par seconde, la théorie indique que l'intérieur du fil doit être libre de tout courant, celui-ci ne passant plus que dans les couches tout à fait voisines de la surface. L'on voit que pour ces cas extrêmes l'ancienne conception du phénomène se heurte à de grandes difficultés et l'on est ainsi amené à reconnaître l'avantage que présentent sur elle les vues nouvelles que M. O. Heaviside[1] et M. J.-H. Poynting[2] ont énoncées les premiers comme étant, pour le cas que nous envisageons, la meilleure interprétation des équations de Maxwell. D'après cette manière de voir la force électrique qui détermine le courant ne se propage pas du tout dans le fil lui-même, mais pénètre toujours de l'extérieur dans le fil et se transmet avec une vitesse relativement faible dans le métal, d'après une loi analogue à celle qui régit la conductibilité calorifique.

Ainsi donc, lorsque les forces dans le milieu ambiant autour du fil changent rapidement de sens, leur action ne se fait sentir qu'à une très petite profondeur dans le métal; plus les alternances sont lentes, plus l'action pénètre profondément, et lorsque enfin elles se produisent avec une très grande lenteur, la force a le temps de se développer dans toute la section du fil avec une intensité uniforme.

[1] O. Heaviside, *Electrician*, janvier 1885; *Phil. Mag.*, XXV, p. 153, 1888.

[2] J.-H. Poynting, *Phil. Trans.*, II, p. 277, 1885; voir aussi ci-dessus *Archives des sc. phys et nat.*, t. XXII, p. 214, 1889.

Mais, quelles que soient les vues théoriques que l'on adopte ici, il importe avant tout d'examiner si elles cadrent avec la réalité. Dans le cours des expériences que j'ai exécutées sur la propagation de la force électrique, j'ai produit dans des fils des ondes électriques d'une période excessivement courte, je me trouvais donc tout naturellement amené à vérifier sur elles l'exactitude de l'hypothèse que nous venons d'énoncer. En fait les expériences qui vont être décrites ont confirmé l'exactitude de ces vues théoriques et l'on verra qu'elles constituent en tout cas un puissant argument en faveur des idées de MM. Heaviside et Poynting. Des observations analogues, dans des conditions assez semblables, mais avec des procédés tout différents, ont déjà été faites par M. O.-J. Lodge[1], surtout en vue de la théorie des paratonnerres. Pour ce qui est de savoir dans quelle mesure les conclusions que M. Lodge a tirées de ses expériences sont fondées dans la pratique, cela dépend en première ligne de la vitesse avec laquelle les états électriques changent en fait dans l'éclair.

Les appareils et les méthodes employées pour ces recherches sont les mêmes que ceux que j'ai décrits en détail dans mon précédent mémoire[2]. Les ondes sur lesquelles j'ai opéré sont celles qui donnent dans des fils des internœuds d'environ 3 mètres.

1. Lorsqu'un conducteur primaire agit à travers l'air sur un conducteur secondaire, on ne peut douter que l'action dans ce dernier ne vienne de l'extérieur. Car on

[1] O.-J. Lodge, *Journ. of the Soc. of Arts*, mai 1888; *Phil. Mag.*, 1888, t. XXVI, p. 217.

[2] H. Hertz, *Wiedem. Ann.*, 1888, t. XXXIV, p. 551; *Archives des sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXI, p. 281.

peut admettre comme établi que l'action se propage de proche en proche à travers l'air, elle devra donc atteindre les couches externes du conducteur, avant de pouvoir agir sur la portion interne. Or on peut constater qu'une enveloppe métallique fermée ne la laisse absolument pas passer. En effet, si l'on place le conducteur secondaire dans une position favorable en avant du conducteur primaire, et suffisamment près pour qu'il donne des étincelles de 5 à 6 mm. puis qu'on l'enferme complètement dans une caisse en zinc, il ne donne plus la plus petite étincelle. Il en est de même, lorsqu'on enferme complètement le conducteur primaire dans une caisse métallique. On sait que pour des courants changeant lentement de sens, la force intégrale de l'induction n'est absolument pas modifiée par l'action d'une enveloppe métallique. Il y a donc là à première vue une contradiction entre ce fait et nos connaissances nouvelles. Cette contradiction toutefois n'est qu'apparente et elle disparaît en tenant compte de la durée relative du phénomène. De la même manière une enveloppe mauvaise conductrice de la chaleur protège complètement son intérieur contre des variations rapides de la température extérieure, moins contre des variations lentes, pas du tout contre des hausses et des baisses durables de cette même température. Plus l'enveloppe est mince, plus sont rapides les variations dont elle laisse l'action se transmettre à l'intérieur. Dans le cas que nous envisageons aussi, l'action électrique devra évidemment pénétrer dans l'intérieur, pourvu que l'épaisseur de l'enveloppe métallique soit suffisamment réduite. Toutefois je n'ai pu réussir par un procédé simple à réaliser une épaisseur suffisamment petite pour cela; une caisse recouverte de papier d'étain arrêtait encore toute action,

de même encore une boîte revêtue de papier doré, pourvu qu'on eût soin d'établir un bon contact entre les bords des feuilles de papier. L'épaisseur de l'enveloppe métallique conductrice pouvait à peine dans ce dernier cas être évaluée à $^1/_{20}$ mm. Je resserrai ensuite l'enveloppe protectrice autant que possible sur le conducteur secondaire. A cet effet, j'agrandis son interruption jusqu'à 20 mm. environ et, pour pouvoir constater des mouvements électriques dans son intérieur, je disposai en avant de cette interruption, un petit excitateur identique à celui dont celle-ci était auparavant munie. Les étincelles dans cet excitateur auxiliaire n'étaient pas aussi longues qu'elles l'eussent été dans l'excitateur porté par le cercle secondaire lui-même, car l'action de la résonance ne se faisait plus sentir, mais elles étaient cependant encore très vives. Ainsi disposé le conducteur secondaire fut complètement enfermé dans un étui cylindrique conducteur tout à fait mince qui l'enserrait d'aussi près que possible, sans le toucher et qui présentait devant l'excitateur auxiliaire, pour permettre la vue de celui-ci, une petite ouverture fermée par une toile métallique. Entre les pôles de cet étui on pouvait obtenir des étincelles aussi fortes que celles qui se produisaient auparavant dans le conducteur secondaire lui-même, mais on ne pouvait reconnaître aucune trace du mouvement électrique dans le conducteur secondaire ainsi enfermé. Ce résultat du reste n'est pas modifié lorsqu'il y a contact en certains points entre le conducteur et l'enveloppe; ce n'est pas pour la réussite de l'expérience qu'il est nécessaire de les isoler l'un de l'autre, mais pour que celle-ci soit vraiment probante. Par la pensée on peut se représenter l'enveloppe comme enserrant encore le conducteur de plus près qu'on ne peut le

réaliser dans la pratique ; si bien qu'on peut finir par le confondre avec sa couche superficielle. Ainsi donc, quand bien même l'action excitatrice électrique à la surface de notre conducteur est assez forte pour donner des étincelles de 5 à 6 mm. il règne déjà à $^1/_{20}$ mm. dans son intérieur un repos si complet, qu'on ne pourrait pas en tirer les plus petites étincelles. On est de la sorte conduit à admettre que ce que l'on appelle courant induit dans le conducteur secondaire est un phénomène qui s'accomplit dans son entourage, mais affecte à peine son intérieur.

2. On pourrait concéder que les choses se passent bien ainsi lorsque l'excitation électrique arrive à travers un milieu non conducteur, mais prétendre qu'il en serait autrement si, comme on a coutume de le dire, elle était transmise par un conducteur. Plaçons en regard d'une des deux plaques de notre excitateur primaire une plaque conductrice et fixons à celle-ci un long fil droit. Nous avons vu dans nos recherches antérieures comment avec l'aide de ce fil on peut transmettre à grande distance l'action des oscillations primaires. Le point de vue ordinaire consiste à admettre qu'une onde se propage alors dans le fil. Mais nous voulons chercher à montrer que tous les changements qui se produisent sont limités au milieu ambiant et à la surface du fil, tandis que son intérieur ne sait rien de l'onde qui passe. J'ai d'abord disposé mes expériences comme suit. Sur un segment de 4 m. de longueur, j'ai remplacé mon long fil droit par deux bandes de zinc de cette même longueur et de 10 cm. de largeur couchées horizontalement l'une sur l'autre, leurs deux extrémités en contact et étroitement reliées ensemble. Entre ces bandes, le long de leur ligne médiane, et par conséquent

complètement enveloppé par leurs surfaces métalliques, était disposé un fil de cuivre entouré de gutta-percha. Il était indifférent pour ces expériences que les deux bouts extrêmes de ce fil fussent en contact avec les lames ou en fussent isolés, en général ils étaient soudés à celles-ci. Ce fil était coupé en son milieu et les deux prolongements partant de cette interruption médiane sortaient de l'intervalle des deux lames enroulées l'une autour de l'autre pour aboutir à un petit excitateur très fin, destiné à montrer s'il se produirait des mouvements électriques dans le fil. Faisait-on passer alors des ondes aussi fortes que possible le long de l'appareil ainsi disposé, on n'observait pas la moindre action dans le petit excitateur. Mais venait-on à tirer sur une longueur de quelques décimètres le fil de cuivre de dessous les lames de zinc, de manière à ce qu'une très faible partie de sa longueur fût à découvert, aussitôt les étincelles apparaissaient. Les étincelles sont d'autant plus fortes que la portion du fil qui est ainsi mise à découvert est plus grande. Ce ne sont donc pas des circonstances particulièrement défavorables, de résistance ou autres, inhérentes à la disposition adoptée ici qui auraient été la cause qu'il n'y avait pas d'abord eu d'étincelles, car il n'a rien été changé à ces circonstances, seulement le fil était d'abord soustrait à l'action venant du dehors par l'enveloppe métallique dans laquelle il se trouvait. Aussi bien, nous n'avons qu'à envelopper le segment du fil émergeant dans une feuille de papier d'étain mise en contact avec les lames de zinc, pour voir immédiatement les étincelles cesser de nouveau. Nous avons par là ramené le fil dans l'intérieur du conducteur. Si nous disposons à côté du segment de fil à découvert et du côté opposé aux bords des lames dont il émerge un autre fil,

les étincelles en sont affaiblies; ce second fil soustrait au premier une partie de l'action qui lui vient du dehors. Oui, l'on peut dire que d'une manière analogue, le bord de chaque lame de zinc vole l'induction à la partie centrale. En effet, éloignons maintenant l'une des bandes, et laissons simplement le fil entouré de gutta-percha couché sur l'autre. Nous percevons alors des étincelles, qui sont il est vrai très faibles tant que le fil est couché sur la ligne médiane de la bande, mais deviennent beaucoup plus fortes lorsqu'on l'approche des bords. De même que dans la distribution électrostatique par influence, l'électricité s'accumulerait de préférence sur le bord de la bande, le courant paraît ici se mouvoir de préférence le long du bord. Dans un cas comme dans l'autre on peut dire que les parties extérieures protègent les parties intérieures contre les actions venant du dehors.

Mais voici des expériences tout aussi nettes que celles que nous venons de décrire et plus probantes encore. Dans le fil le long duquel se propage l'onde électrique, j'intercalai un fil de cuivre très épais de $1^{m},5$ de longueur dont les extrémités portaient deux disques métalliques de 15 cm. de diamètre. Ces deux disques dont les plans étaient perpendiculaires au fil, étaient traversés par lui en leur centre et étaient percés en outre sur leur pourtour de 24 trous équidistants. Le fil présentait en son milieu une interruption. Lorsque les ondes parcouraient le fil, elles produisaient dans cette interruption des étincelles de 6 mm. Cela étant on tendit un mince fil de cuivre entre deux trous correspondants des deux disques. Cela fit tomber la longueur de l'étincelle à 3,2 mm. L'effet du reste demeurait le même, si au lieu de ce fil mince on tendait un fil épais, ou encore si entre

ces deux mêmes trous à la place d'un fil unique on tendait un faisceau de 24 fils minces serrés ensemble. Mais il n'en était plus de même lorsque ces mêmes 24 fils étaient distribués dans les trous percés tout autour des disques. Lorsqu'on tendait deux fils dans deux paires de trous à 180°, l'étincelle tombait à 1,2 mm. Venait-on ensuite à ajouter deux autres fils dans les deux positions intermédiaires, l'étincelle était réduite à 0,5 mm. L'addition de quatre nouveaux fils dans les trous intermédiaires ne laissait plus guère subsister que des étincelles de 0,1 mm. Lorsque les 24 fils étaient tendus à intervalles égaux entre les deux disques, il n'y avait plus trace d'étincelle dans l'intérieur. La résistance du fil intérieur était pourtant beaucoup plus faible que celle de tous les fils extérieurs pris ensemble; nous avons d'ailleurs déjà spécialement insisté sur ce fait que cette résistance n'est ici pour rien.

Si nous plaçons maintenant à côté du tube de fils ainsi produit un fil de fermeture secondaire identique à celui qui est enfermé dans l'intérieur de ce tube, nous observons dans ce nouveau fil de fortes étincelles, tandis qu'il ne s'en produit toujours pas dans le fil intérieur. Le nouveau fil n'est pas protégé, tandis que l'autre l'est par le tube. Nous avons ici, au point de vue électrodynamique, l'analogue d'une expérience bien connue d'électro-statique.

Je modifiai alors l'expérience de la manière qu'indique la fig. 1. Les deux disques furent tellement rapprochés l'un de l'autre qu'avec les fils tendus entre eux ils formaient une sorte de cage A, juste assez grande encore pour enfermer l'excitateur micrométrique. L'un des disques, α, était en contact métallique avec le fil, l'autre,

β, en était isolé par l'agrandissement de l'ouverture qui lui donnait passage et portait, soudé au bord de cette

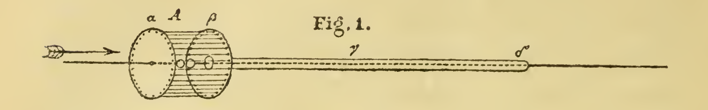


Fig. 1.

ouverture, un tube conducteur γ lequel, isolé du fil, enveloppait complètement celui-ci sur une longueur de 1,5 m. L'autre extrémité de ce tube, δ, était en contact métallique avec le fil. Cela étant, le fil et son interruption se trouvent de nouveau dans un champ de protection métallique et, d'après ce qui précède, il va de soi qu'aucun mouvement électrique n'est perceptible dans le fil, quel que soit le sens dans lequel les ondes se propagent le long de ce dispositif.

Jusqu'ici donc, cette dernière disposition n'offre rien de nouveau; elle a cependant sur la précédente l'avantage de permettre le remplacement du tube protecteur γ par des tubes de plus en plus minces, pour rechercher quelle est l'épaisseur minima suffisant encore à arrêter l'action extérieure. Des tubes en laiton très minces, des tubes en papier d'étain ou en feuille de similor se montrèrent encore absolument efficaces. Je pris alors des tubes de verre argentés par voie chimique et je pus, de cette façon, réaliser des tubes métalliques suffisamment minces pour qu'il se produisît, malgré leur protection, de très vives étincelles. Toutefois, il ne se produisait des étincelles que lorsque la couche d'argent n'était plus tout à fait opaque pour la lumière et présentait une épaisseur certainement moindre que $^1/_{100}$ mm. En imagination nous pouvons nous représenter l'enveloppe protectrice comme enserrant le fil de plus en plus près et se confondant finale-

ment avec sa couche superficielle; cela étant, nous pouvons être bien sûrs que les autres circonstances du phénomène restaient les mêmes. Quelle que soit donc la vivacité du jeu des ondes autour du fil, son intérieur n'en est pas moins absolument en repos et l'action des ondes pénètre à peine plus profondément dans sa masse que la lumière qui est réfléchie à sa surface. Nous ne devons donc pas chercher le siège des ondes dans le fil, mais plutôt admettre qu'il se trouve dans le milieu ambiant, et au lieu de dire que nos ondes se propagent dans le fil, nous dirons plutôt qu'elles glissent le long de ce fil.

Au lieu d'intercaler la disposition que nous venons de décrire sur le fil dans lequel nous excitons indirectement des ondulations, nous pouvons la placer sur un des bras de notre conducteur primaire lui-même. En ce faisant, j'obtins les mêmes résultats que dans ce qui précède. Notre oscillation primaire se produit donc aussi, sans mettre du tout à contribution la masse du conducteur autour duquel elle joue, autrement que dans sa couche tout à fait superficielle[1], son siège ne devra donc pas être cherché dans l'intérieur du conducteur.

Aux renseignements que nous a fournis l'étude des ondulations le long d'un fil il importe de joindre une remarque concernant la manière de conduire les expériences. Si ces ondulations ont leur siège dans l'espace qui entoure le fil, l'onde courant le long d'un fil donné ne se propagera pas seulement à travers l'air, mais,

[1] Le calcul de la self-induction pour de tels conducteurs dans l'hypothèse d'une intensité de courant uniforme dans son intérieur, doit conduire à des conclusions tout à fait fausses. Il est curieux que des résultats obtenus en partant d'une base aussi défectueuse paraissent cependant concorder à peu près avec la réalité.

comme son action s'étend à grande distance, elle se propagera aussi en partie par les parois voisines, par le plancher, etc., et constituera ainsi un phénomène assez compliqué. Mais si nous plaçons en regard des deux pôles de notre conducteur primaire et dans des positions symétriques deux plaques auxiliaires, que nous fixions à chacune d'elles un fil, qu'en outre ces deux fils soient tirés droits, parallèles l'un à l'autre et de même longueur, l'action des ondes ne se fera sentir que dans le voisinage de l'intervalle de ces deux fils. L'onde court donc surtout dans cet intervalle. On peut ainsi faire en sorte que la propagation n'ait lieu qu'à travers l'air ou un autre isolant, et avec cette disposition les expériences sont plus commodes et plus nettes. D'ailleurs, avec cette dernière manière de procéder, on obtient les mêmes longueurs d'onde qu'avec un seul fil, ce qui montre que, même dans ce dernier cas, les causes de perturbations ne jouent qu'un rôle très faible.

3. De ce qui précède, nous pouvons conclure que des oscillations électriques rapides sont absolument incapables de traverser des couches métalliques d'une certaine épaisseur et qu'il est par conséquent tout à fait impossible de produire par leur action des étincelles dans l'intérieur d'enveloppes métalliques fermées. S'il nous arrive donc de voir des étincelles résultant d'oscillations électriques dans l'intérieur d'enveloppes conductrices qui ne soient pas tout à fait fermées, nous devrons admettre que l'excitation électrique a pénétré par l'ouverture qu'elles offrent. Cette manière de voir est bien la vraie, mais elle est dans certains cas en contradiction si complète avec les vues jusqu'ici admises, qu'il faut des expériences particulièrement probantes, pour se résoudre à abandonner

l'ancien point de vue pour le nouveau. Nous allons dans cet ordre de faits choisir un exemple bien frappant et une fois que nous aurons, pour ce cas-là, amené notre nouvelle conception au rang de certitude, nous l'étendrons ensuite à tous les autres cas.

Nous reprenons la disposition que nous avons décrite dans le paragraphe précédent et représenté dans la fig. 1 ; seulement nous supprimons en δ le contact qui existait entre le tube protecteur et le fil. Nous lançons alors les ondulations dans la direction de A à δ. Nous obtenons ainsi en A de fortes étincelles dont l'intensité est tout à fait analogue à ce qu'elle serait en l'absence de toute enveloppe protectrice. Les étincelles ne diminuent pas non plus sensiblement si, sans rien changer du reste, nous prolongeons notablement le tube γ, par exemple de 4 m.

Suivant les idées en cours jusqu'ici, on dira que l'onde électrique arrivant en A traverse facilement le disque métallique α qui est mince et bon conducteur, franchit ensuite l'interruption du petit excitateur micrométrique et poursuit sa course dans le fil.

En revanche, d'après notre manière d'envisager les faits, l'interprétation de l'expérience est la suivante : L'onde arrivant en A est impuissante à traverser le disque métallique α, elle glisse sur sa surface et sur la surface externe de l'enveloppe protectrice jusqu'à δ, à 4 m. de distance. En ce point elle se partage en deux : une partie de l'ondulation, dont nous ne nous occuperons plus, poursuit sa course directement dans le fil, tandis qu'une autre partie rétrograde dans l'intérieur du tube, parcourt la colonne d'air de 4 m. qui s'y trouve entre le fil et les parois du tube et arrive à l'excitateur micrométrique, où elle produit l'étincelle.

Reste à prouver que notre interprétation, quoique la plus compliquée, est cependant la bonne; c'est ce que nous allons faire par les expériences qui suivent.

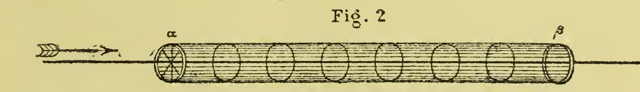
On observe tout d'abord que l'étincelle disparaît en A aussitôt qu'on ferme l'ouverture en δ, fût-ce par une capsule en papier d'étain. Nos ondulations n'ont qu'une longueur d'onde de 3 m., avant que leur action se soit propagée jusqu'au point δ, elle est déjà revenue à zéro en A et a changé de signe. Quel effet pourrait donc produire une fermeture éloignée en δ sur l'étincelle en A, si cette dernière se produisait tout de suite après le passage de l'onde au travers du disque?

On observe en second lieu que les étincelles disparaissent si l'on fait terminer le fil déjà dans l'intérieur du tube γ ou à son extrémité δ même, tandis qu'elles subsistent pour peu que le fil dépasse le tube seulement de 20 ou 30 cm. Quelle influence cette prolongation insignifiante du fil pourrait-elle exercer sur l'étincelle en A, si le bout de fil ainsi à découvert n'était pas précisément le moyen par lequel une partie de l'ondulation est captée et introduite par l'ouverture δ dans l'intérieur du tube?

En troisième lieu, nous intercalons une seconde interruption B sur le fil entre A et δ et l'enfermons dans une cage tout à fait comme A. Si nous écartons alors les deux pôles de ce nouvel excitateur micrométrique B suffisamment pour qu'il n'y passe plus d'étincelles, il ne s'en produira plus non plus en A. Mais si de la même manière on éteint les étincelles en A, cela ne produit presque pas d'effet sur celles en B. Le passage des étincelles en B est donc une condition indispensable à leur production en A, mais le passage en A n'est pas nécessaire à celui en B. La direction de la propagation dans l'intérieur de notre dispositif est donc de B en A, mais pas de A vers B.

Nous pouvons du reste fournir encore d'autres preuves plus convaincantes. Nous voulons empêcher que l'onde rétrogradant de δ vers A épuise son énergie dans la production de l'étincelle et pour cela nous rendons l'interruption ou infiniment petite ou très grande. Dans ce cas l'onde sera réfléchie en A et reviendra de A vers δ. Cela étant elle produira avec les ondes arrivantes un système d'oscillations fixes, avec des ventres et des nœuds. Si nous réussissons à démontrer l'existence de ceux-ci, nous ne douterons plus de l'exactitude de notre interprétation. Pour faire cette preuve, il nous faut il est vrai donner à notre appareil d'autres dimensions, de façon à pouvoir y introduire des résonnateurs électriques. Je disposai pour cela le fil principal dans l'axe d'un tube cylindrique de 5 m. de longueur et 30 cm. de diamètre. Ce tube n'était pas à parois métalliques pleines, mais formé, comme le montre la fig. 2, de 24 fils de cuivre, équidistants tendus

Fig. 2



suivant les génératrices de ce cylindre et fixés par 7 anneaux équidistants de fil fort. Je construisis comme suit le résonnateur qu'il s'agissait d'introduire dans ce tube: j'enroulai un fil de 1 mm. en une spirale serrée de 1 cm. de diamètre, composée de 125 spires environ, que j'étirai ensuite légèrement et que j'infléchis en un cercle de 12 cm. de diamètre, dont les deux extrémités aboutissaient à un petit excitateur micrométrique. Des essais préalables avaient montré que le cercle ainsi disposé était à l'unisson avec les ondulations de 3 m. de longueur

d'onde, tout en étant d'assez petites dimensions pour être introduit entre le fil principal et le manteau du tube.

Nous laissons d'abord les extrémités du tube ouvertes et nous introduisons le résonnateur entre le fil principal et les parois du tube, de telle sorte que son plan prolongé passe par le fil, et de façon que son interruption ne soit tournée, ni contre le fil, ni contre la paroi, mais contre l'une ou l'autre des extrémités du tube. Dans ces conditions il donnait des étincelles très vives de $^1/_2$ à 1 mm.

Nous fermons ensuite les deux bouts du tube au moyen d'une grille formée de quatre fils croisés en étoile et reliés au fil central. Nous n'observons plus alors la moindre étincelle au résonnateur. Preuve que le grillage ainsi complété de notre tube est suffisamment opaque pour nos expériences.

Cela étant nous enlevons la fermeture à grille de l'extrémité β du tube, c'est-à-dire du côté opposé à celui par lequel les ondes arrivent. Tout à côté de la fermeture maintenue, c'est-à-dire en α, qui correspond à la position occupée dans nos précédentes expériences par l'interruption A, le résonnateur ne donne pas non plus d'étincelles. L'éloignons-nous de cette position dans la direction de β, aussitôt nous observons des étincelles qui deviennent très fortes à 1,5 m. de α, diminuent ensuite, disparaissent presque à 3 m. de α, pour recommencer ensuite à croître jusqu'à l'extrémité du tube.

Notre présomption se trouve ainsi confirmée. Le fait que nous observons un nœud à l'extrémité fermée se justifie amplement par la raison qu'en ce point le fil central est relié métalliquement avec le manteau du tube et que la force électrique entre eux doit dès lors forcément être nulle. Il en est autrement si l'on coupe en ce point le fil

central et qu'on laisse entre lui et la grille de fermeture un intervalle de quelques centimètres. Dans ce cas l'onde est réfléchie avec changement de sens de la phase et l'on doit s'attendre à avoir en α un ventre. En effet nous obtenons alors de fortes étincelles en ce point. Mais celles-ci diminuent rapidement lorsqu'on transporte le résonnateur de α vers β, disparaissent presque complètement à 1,5 m. de distance de α, redeviennent plus fortes à 3 m. et montrent très clairement un second nœud à 4,5 m. soit à 0,5 m, du bout du tube. Les ventres et les nœuds que nous venons d'observer ici, sont à des intervalles fixes de l'extrémité fermée et se déplacent avec celle-ci, mais sont en revanche tout à fait indépendants des circonstances à l'extérieur du tube, par exemple des ventres et des nœuds qui peuvent s'y former.

Les phénomènes se reproduisent exactement de la même manière si l'on fait passer l'onde dans le sens opposé soit de l'extrémité ouverte du tube à l'extrémité fermée. Seulement dans ce cas l'expérience présente moins d'intérêt, parce que le mode de propagation de l'onde s'écarte moins alors de celui qu'on se représente avec les idées en cours, que dans les circonstances que nous avons spécialement considérées.

Si on maintient les deux extrémités du tube ouvertes, le fil principal le traversant sans aucune interruption et qu'on excite dans tout le système des oscillations fixes avec ventres et nœuds, on constate qu'à chaque nœud dans l'entourage du tube correspond aussi un nœud dans l'intérieur de celui-ci, preuve que la propagation a lieu à l'extérieur et dans l'intérieur avec une vitesse sensiblement égale.

Vient-on maintenant à jeter un coup d'œil d'ensemble

sur les expériences que nous venons de décrire, en les prenant avec la signification spéciale que nous leur avons donnée et en reliant cet ensemble de faits aux vues énoncées par les auteurs que nous avons nommés dans notre introduction, on ne peut qu'être frappé de la différence essentielle qui existe entre l'ancienne et la nouvelle manière de concevoir ces phénomènes. Dans l'ancienne les conducteurs apparaissent comme les seuls corps au travers desquels puisse avoir lieu la propagation de l'électricité; les isolants comme les corps qui s'opposent à cette propagation. D'après notre manière de voir au contraire la transmission de l'excitation électrique semble se produire uniquement par les isolants, tandis que les conducteurs opposent à cette transmission une résistance qui dans le cas des changements de sens rapide est insurmontable. On serait donc presque tenté d'admettre que pour donner satisfaction à ce nouveau point de vue, conducteurs et non-conducteurs dussent changer de noms réciproquement. Mais l'on n'arrive à un pareil paradoxe qu'autant qu'on néglige de bien spécifier quelle est l'action dont on envisage la transmission et la non-transmission. Il est hors de doute que les métaux sont des non-conducteurs de la force électrique; précisément pour cela dans des conditions données ils contraignent celle-ci à ne pas se disperser, mais à se concentrer; de la sorte ils deviennent conducteurs de la cause apparente de ces forces, l'électricité, à laquelle se rapporte la terminologie usuelle.

Karlsruhe, mars, 1889.

SUR LA THÉORIE MÉCANIQUE

DE LA

RÉFLEXION ET DE LA RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE

AVEC UNE FIGURATION GÉOMÈTRIQUE

DES

VIBRATIONS INCIDENTE, RÉFLÉCHIE ET RÉFRACTÉE

PAR

M. C. CLAVENAD
Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Directeur des travaux de la ville de Lyon.

---

§ 1er. Lumière polarisée dans le plan d'incidence et perpendiculairement a ce plan.

Rappelons la théorie de Fresnel :

1° *Équations de Fresnel. coefficient d'élasticité constant et vibrations perpendiculaires au plan de polarisation.* — Les vibrations incidente, réfléchie et réfractée, sont supposées de même durée et au même point A; elles sont dans la même phase. Leurs vitesses à tout instant sont donc :

$$\alpha \sin 2\pi \frac{t}{T}, \quad \alpha' \sin 2\pi \frac{t}{T}, \quad \alpha'' \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

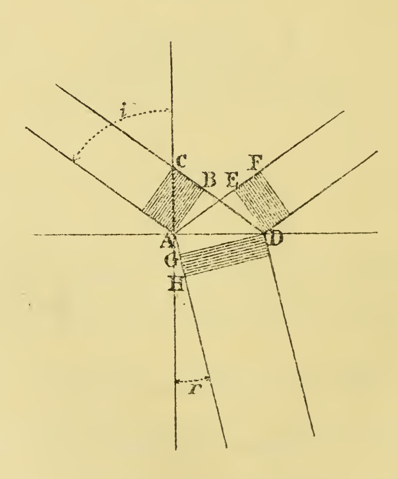
α, α', α'' correspondant respectivement à la vibration incidente, réfléchie et réfractée.

Et si M et M′ sont les masses d'éther correspondantes aux actions transversales des rayons, l'équation des forces vives donne :

$$M(\alpha^2 - \alpha'^2) = M' \alpha''^2$$

Fresnel admet que M, qui est proportionnel à la dimension transversale du rayon ou à cos. i et à cos. r

Fig. 1.



(fig. 1), l'est en outre à la longueur d'onde et à la densité D de l'éther.

On a donc :

$$\frac{M}{M'} = \frac{\sin i \cos i \, D}{\sin r \cos r \, D'}$$

Q étant le coefficient d'élasticité de l'éther, α la vitesse de la lumière, on a $\frac{Q}{D} = \alpha^2$, et si Q est le même dans les deux milieux, il vient :

$$\frac{D}{D'} = \frac{\alpha'^2}{\alpha^2} = \frac{\sin^2 r}{\sin^2 i}$$

d'où :

$$\frac{M'}{M} = \frac{\sin i \cos r}{\sin r \cos i}$$

et par conséquent :

$$\alpha^2 - \alpha'^2 = \alpha''^2 \frac{\sin i \cos r}{\sin r \cos i}$$

Il faut une seconde équation pour déterminer α et α', c'est l'équation dite de continuité.

Pour la lumière polarisée dans le plan d'incidence, Fresnel l'écrit : $\alpha''=\alpha+\alpha'$ (ou plutôt $b=1+\alpha$, ce qui revient au même), et pour la lumière polarisée perpendiculairement au plan d'incidence : $\alpha''\cos. r=(\alpha+\alpha') \cos. i$, en projetant les vitesses sur le plan de séparation des deux milieux.

Et il obtient ainsi avec la première polarisation :

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$$

d'où :

$$\frac{\alpha'^2}{\alpha^2} = \frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$$

et avec la seconde :

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)} \quad \frac{\alpha'^2}{\alpha^2} = \frac{\operatorname{tg}^2(i-r)}{\operatorname{tg}^2(i+r)}$$

Les intensités des rayons, incident, réfléchi et réfracté, sont respectivement

$$1, \quad \frac{\alpha'^2}{\alpha^2}, \quad 1 - \frac{\alpha'^2}{\alpha^2}$$

J'observerai tout d'abord qu'on peut écrire les équations de continuité sous la forme :

$$\alpha'' = \alpha - \alpha'$$

$$\alpha_{\prime\prime} \cos r = (\alpha - \alpha') \cos i$$

qui satisfait mieux l'esprit et montre bien que le rayon réfracté résulte de la différentiation et non de l'addition des rayons incident et réfléchi.

Ces équations combinées avec celle des forces vives donnent :

1er cas. $$\frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{\sin(r-i)}{\sin(r+i)}$$

2me cas. $$\frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{\operatorname{tg}(r-i)}{\operatorname{tg}(r+i)}$$

Et les carrés de ces quantités qui marquent l'intensité

des rayons sont bien les mêmes qu'avec les équations de Fresnel. Cette manière de voir sera justifiée géométriquement plus loin. Algébriquement, il est indifférent de mettre le signe de α'' en évidence.

Équations établies dans l'hypothèse de l'élasticité variable et de la densité de l'éther constante. Vibrations dans le plan de polarisation. — En partant de l'équation fondamentale $\frac{Q}{D} = \alpha^2$, on peut supposer encore que la densité D (masse de l'unité de volume) est constante dans les différents milieux, et que Q seul varie.

Si $D = D'$, l'équation des forces vives deviendra :

$$(\alpha^2 - \alpha'^2) \sin i \cos i = \alpha''^2 \sin r \cos r.$$

Et pour obtenir les quantités de lumière $\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$, et $\frac{tg^2\,(i-r)}{tg^2\,(i+r)}$, que l'expérience donne pour le rayon réfléchi, la quantité de lumière du rayon incident étant prise pour unité, il faut modifier les équations de continuité et prendre :

Pour la première polarisation $(\alpha \pm \alpha') \cos i = \alpha'' \cos r$,
Et pour la seconde $\alpha \pm \alpha' = \alpha''$

Ces équations signifient que les vibrations, tout en restant perpendiculaires aux rayons, sont contenues dans les plans de polarisation.

Équations établies dans l'hypothèse de l'élasticité et de la densité de l'éther variables. — En conservant la défini-

tion de Fresnel pour la masse $M = \sin i \cos i \, D$, on peut faire une troisième hypothèse sur l'équation $\frac{Q}{D} = \alpha^2$, supposer Q et D variables d'un milieu à l'autre et écrire :

$$\alpha D = \frac{Q}{\alpha} = \text{constante.}$$

L'équation des forces vives devient avec

$$\alpha D = \alpha' D' \quad \text{ou} \quad \sin i \, D = \sin r \, D'$$

$$(\alpha^2 - \alpha'^2) \cos i = \alpha''^2 \cos r.$$

Et pour obtenir les mêmes expressions des intensités, il faut prendre les équations de continuité suivantes :

1er cas. $\alpha' \alpha''^2 = \alpha (\alpha \pm \alpha')^2$

2me cas. $\alpha' \alpha''^2 \cos^2 r = \alpha (\alpha \pm \alpha')^2 \cos^2 i.$

Il est facile de voir, comme ci-dessus, que les quantités de lumière incidente, réfléchie et réfractée, sont représentées par

$$1., \frac{\alpha'^2}{\alpha}, 1 - \frac{\alpha'^2}{\alpha^2}$$

$\frac{\alpha'}{\alpha}$ ayant toujours les mêmes valeurs.

Traitons le premier cas.

Quantités de lumière :

incidente $\alpha^2 \cos i$ ou 1,

réfléchie $\alpha'^2 \cos i$ ou $\frac{\alpha'^2}{\alpha^2}$,

réfractée $\alpha''^2 \cos r$ ou $\frac{\alpha''^2}{\alpha^2} \frac{\cos r}{\cos i}$.

Or, l'équation de continuité donne avec

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$$

$$\frac{\alpha''^2}{\alpha^2} = \frac{4\sin^2 r \cos^2 i}{\sin^2(i+r)} \frac{\sin i}{\sin r}$$

d'où

$$\frac{\alpha''^2}{\alpha^2} \frac{\cos r}{\cos i} = \frac{4\sin r \cos i \sin i \cos r}{\sin^2(i+r)}$$

Cette expression est bien égale à

$$1 - \frac{\alpha'^2}{\alpha^2} = 1 - \frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$$

Si α'^2 et $(\alpha'' \pm \alpha')^2$ sont des quantités de lumière exprimées dans un système électro-magnétique, $\alpha'\alpha''^2$, et $\alpha(\alpha+\alpha')^2$ sont des quantités de lumière exprimées dans le système électro-statique correspondant.

Observations. — Voici donc trois séries d'hypothèses et trois séries de formules qui toutes conduisent aux mêmes résultats vérifiés par l'expérience.

Et ce que nous avons dit pour la lumière polarisée dans le plan d'incidence et dans un plan perpendiculaire est également vrai dans les trois hypothèses pour la lumière polarisée dans un azimut quelconque et pour la lumière naturelle : car les raisonnements par lesquels Fresnel généralise la solution s'appliquent également.

Sans discuter pour l'instant le degré de probabilité de

chacune de ces conceptions, je vais donner une figuration géométrique des vibrations dans le cas général, laquelle renferme les divers problèmes traités par Fresnel et vérifiés expérimentalement et qui s'adapte très bien à ses hypothèses premières.

(Q constant, D variable, T constant, phase la même.)

Fig, 2.

LÉGENDE

OI Rayon incident. OI′ Rayon réfléchi. OR Rayon réfracté.

$$OS = OS_1 \frac{OS_1}{ON} = \frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

OT perpendiculaire à OR

S_1T_1 perpendiculaire à OS_1

ST perpendiculaire à OS

FN perpendiculaire à OR

MT, M_1T_1, VF, perpendiculaire au plan d'incidence ou du tableau.

MS — Vibration incidente, tangente à la sphère OSS_1. Le plan MST est tangent à cette sphère.

M_1S_1 — Vibration réfléchie, tangente à la sphère OSS_1. Le plan M_1S_1F est tangent à cette sphère.

$NN' = M_1M$ — Vibration réfractée, tangente à la sphère ON. Le plan NN′F est tangent à cette sphère.

§ 2. Construction des vibrations incidente, réfléchie et réfractée.

Soient OI, OI′, OR, les rayons incident, réfléchi et réfracté, KK″ la trace du plan de séparation des deux milieux sur le plan d'incidence.

Je mène OT perpendiculaire à OR dans le plan d'incidence, ST perpendiculaire à OI également dans ce plan, et par leur point de rencontre T, TM, perpendiculaire au plan d'incidence. Si la droite SM, qui est également perpendiculaire à OI, représente la vibration incidente, l'angle α=MST sera le complémentaire de A=SMT, et ce dernier sera l'angle du plan de polarisation des vibrations incidentes avec le plan d'incidence ou plan du tableau, puisque les vibrations sont perpendiculaires au plan de polarisation.

Par T, je mène TS′ perpendiculaire à OI′, l'angle α'=MS′T est complémentaire de S′MT=A′, les deux droites S′T, S′M, sont perpendiculaires à OI′. Enfin, OM et OT sont perpendiculaires à OR, et l'angle α=MOT est complémentaire de A″=OMT.

Par le point O, je mène OS_1=OS, l'une OS_1 étant sur le rayon réfléchi, l'autre OS sur le prolongement du rayon incident, puis S_1M_1 parallèle à S′M dans le plan OMS′.

Je vais démontrer que SM, S_1M_1, M_1M, représentent, les deux premières en grandeur et position, la troisième en grandeur et direction les vibrations incidente, réfléchie et réfractée.

Pour trouver la vibration réfractée, on remarquera que

S_1F perpendiculaire à OS_1 rencontre KK′ en F au même point que SF perpendiculaire à OS. Si par ce point F on mène FN perpendiculaire à OR, et que par N on mène NN′ égale et parallèle à M_1M, NN′ sera la vibration réfractée.

On a :

$$\frac{ON}{OS_1} = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{ON}{OS}$$

La vibration réfractée circule avec la vitesse α' et les deux autres avec la vitesse α, telles que :

$$\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Avant d'entrer dans la démonstration de ces faits, je vais en donner les conséquences :

Première proposition. — On voit tout d'abord que les vibrations incidente MS, réfléchie M_1S_1, réfractée NN′, sont contenues dans trois plans, menées par les rayons OI, OI′, OR′, et qui se coupent suivant une même droite OM perpendiculaire à OR, comme l'a déjà démontré M. Cornu.

Seconde proposition. — Les trois plans MST, M_1S_1F, NN′F, respectivement perpendiculaires aux rayons incident, réfléchi et réfracté, contiennent également les vibrations, ils rencontrent les trois plans de M. Cornu, suivant ces vibrations mêmes, et se coupent suivant une même droite VF qui est perpendiculaire au plan d'incidence et contenue dans le plan KK′ de séparation des deux milieux.

Troisième proposition. — Les vibrations incidente, ré-

fléchie et réfractée, sont tangentes, les deux premières à une sphère décrite de O comme centre, avec $O_1S = OS$ comme rayon, la troisième à une sphère décrite de O comme centre avec ON comme rayon $\left(\frac{OS_1}{ON} = \frac{\sin i}{\sin r}\right)$.

Les rayons de ces sphères sont dans le rapport des vitesses de la lumière dans chacun des milieux.

Les plans MST, M_1S_1F qui contiennent les vibrations incidente et réfléchie sont tangents à la première sphère.

Le plan NN′F qui contient la vibration réfractée est tangent à la sphère ON.

Ces constructions figurent très nettement le phénomène et conduisent immédiatement à toutes les formules connues, ainsi qu'on va le voir.

Lumière polarisée dans le plan d'incidence. — Toute vibration, telle que SM, peut se décomposer en deux autres MT et ST qui sont polarisées : la première dans le plan d'incidence et la seconde perpendiculairement à ce plan. De même, la vibration S_1M_1 donne M_1T_1 et S_1T_1, qui sont respectivement polarisées de la même manière.

Étudions d'abord la première polarisation, et désignons les amplitudes des vibrations incidente, réfléchie et réfractée, par α, α', α''. En décomposant M_1M, comme on a décomposé SM et S_1M_1, on aura :

$\alpha - \alpha' = MT - M_1T_1 = \alpha'' =$ Projection de MM_1 sur MT, qui n'est autre que l'équation de continuité donnée plus haut.

On a d'ailleurs $\frac{MT}{M_1T_1} = \frac{OT}{OT_1}$, de sorte que les amplitudes α, α' des vibrations incidente et réfléchie sont proportionnelles à OT et à OT_1, alors que l'amplitude de la

vibration réfractée est proportionnelle à leur différence TT_1.

D'ailleurs, comme $OS_1 = OS$ et que les angles S_1T_1O et OTS sont égaux à $i+r$ et à $i-r$, on a :

$$OT_1 \sin(i+r) = OT \sin(i-r) = OS_1 = OS$$

Donc :

$$\frac{OT_1}{OT} = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$$

$$\frac{\alpha''}{\alpha} = 1 - \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{2\sin r.\cos i}{\sin(i+r)} = b = 1 - \alpha$$ suivant la notation de Fresnel.

Ce sont bien les expressions qu'il a données, sauf le signe de α au sujet duquel nous nous sommes expliqué plus haut.

L'équation des forces vives en résulte immédiatement.

Les quantités de lumière incidente, réfléchie et réfractée sont :

$$1., \frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}, \quad 1 - \frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$$

Lumière polarisée perpendiculairement au plan d'incidence. — Les vibrations sont contenues dans le plan d'incidence et dirigées suivant ST, S_1T_1, NF, leurs amplitudes sont α, α', α''

On a :

$$\frac{OS_1}{S_1T_1} = \operatorname{tg}(i+r) \qquad \frac{OS}{ST} = \operatorname{tg}(i-r)$$

Et comme $OS = OS_1$, il en résulte :

$$\frac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)} = \frac{S_1T_1}{ST} = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

L'équation de continuité se retrouve en projetant S_1T_1 et ST d'une part, TT_1 de l'autre, sur la droite KK', trace du plan de séparation des deux milieux sur le plan d'incidence

$$(ST - S_1T_1)\cos i = TT_1 \cos r$$

ou bien

$$(\alpha - \alpha')\cos i = \alpha'' \cos r.$$

Dans ce cas, α'' est égal à TT_1 ; α et α' étant ST et S_1T.

Or, nous venons de voir que

$$\frac{TT_1}{OT} = \frac{2\sin r \cos i}{\sin(i+r)}$$

Ici

$$OT = \frac{ST}{\cos(i-r)} = \frac{\alpha}{\cos(i-r)}$$

Il en résulte :

$$\frac{\alpha''}{\alpha} = \frac{2\sin r \cos i}{\sin(i+r)\cos(i-r)} = \frac{2\sin r \cos i}{\frac{1}{2}(\sin 2r + \sin 2i)} = \frac{2\sin r \cos i}{\sin i \cos i + \sin r \cos r}.$$

Et l'on retrouve également l'expression donnée par Fresnel pour l'amplitude du rayon réfracté.

Les quantités de lumière sont :

$$1, \quad \frac{\operatorname{tg}^2(i-r)}{\operatorname{tg}^2(i+r)}, \qquad 1 - \frac{\operatorname{tg}^2(i-r)}{\operatorname{tg}^2(i+r)}$$

Lumière polarisée dans un azimut quelconque. — Nous arrivons au cas général auquel répond plus spécialement notre figure.

Soit SM la vibration incidente faisant un angle α avec ST, son plan de polarisation qui lui est perpendiculaire fait dès lors un angle A (égal à SMT complémentaire de α) avec le plan d'incidence.

Étudions le rayon réfléchi :

On a :

$$\operatorname{tg} A' = \frac{S_1T_1}{M_1T_1} \text{ (}M_1T_1\text{ est perpendiculaire au plan d'incidence)}$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{ST}{MT}$$

d'où

$$\frac{\operatorname{tg} A'}{\operatorname{tg} A} = \frac{\dfrac{S_1T_1}{ST}}{\dfrac{M_1T_1}{MT}} = \frac{\dfrac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)}}{\dfrac{OT_1}{OT} = \dfrac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}} = \frac{\cos(i+r)}{\cos(i-r)}$$

Et enfin $tg A' = tg A \dfrac{\cos(i+r)}{\cos(i-r)}$, formule connue.

Pour le rayon réfracté :

$$\operatorname{tg} A'' = \frac{OT}{MT} \quad \text{Or} \quad OT = \frac{ST}{\cos(i-r)} \quad \text{et} \quad \frac{ST}{MT} = \operatorname{tg} A.$$

Il en résulte immédiatement :

$$\operatorname{tg} A'' = \frac{\operatorname{tg} A}{\cos(i-r)}$$

Les quantités de lumière s'obtiennent de suite.

Si α est l'amplitude du rayon SM, son intensité α^2 donnera : $\alpha^2\cos^2 A$ suivant MT direction des vibrations polarisées dans le plan d'incidence, et de ce chef, la quantité réfléchie sera :

$$\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}\cos^2 A \text{ en prenant } \alpha^2 \text{ comme unité.}$$

Suivant la direction ST, α^2 donnera $\alpha^2\sin^2 A$, et la quantité réfléchie sera $\frac{tg^2(i-r)}{tg^2(i+r)}\sin^2 A$, puisque cette vibration répond à une polarisation perpendiculaire au plan d'incidence.

Les quantités de lumière incidente, réfléchie et réfractée, seront donc :

$$1, \quad \frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}\cos^2 A \quad + \quad \frac{\text{tg}^2(i-r)}{\text{tg}^2(i+r)}\sin^2 A,$$

$$\left[1-\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}\right]\cos^2 A+\left[1-\frac{\text{tg}^2(i-r)}{\text{tg}^2(i+r)}\right]\sin^2 A.$$

On étudierait de même la lumière naturelle en la décomposant en deux rayons polarisés perpendiculairement au plan d'incidence, et dans ce plan ; l'intensité de chacun d'eux étant moitié de l'intensité totale.

Enfin pour lever toute ambiguïté en ce qui concerne les signes dans les équations de continuité, je ferai remarquer que la construction que je viens de donner a été faite dans le cas où $\frac{\sin i}{\sin r}>1$. Les équations de continuité portent alors le signe — et sont

$$[\alpha''=\alpha-\alpha',\ \alpha''\cos r=(\alpha-\alpha')\cos i].$$

Si on répétait cette construction dans le cas où $\frac{\sin i}{\sin r}<1$, on verrait que les amplitudes des vibrations s'ajoutent au lieu de se différencier et que les équations de continuité correspondantes portent le signe +

$$[\alpha''=\alpha+\alpha',\quad \alpha''\cos r=\alpha+\alpha'\cos i]$$

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Le prof. O.-J. Lodge et J.-L. Howard. Sur la radiation électrique et sa concentration par des lentilles. (*Philosophical Magazine*. Juillet 1889, nº 170, p. 48.)

C'est avec des lentilles plano-hyperboliques confectionnées en asphalte (minéral pitch) que les auteurs de ces intéressantes recherches ont expérimenté. Pour obtenir une lentille on a d'abord découpé en bois le profil de l'hyperbole calculée en supposant l'indice de la réfraction de la substance égale à 1,7 [1] et de manière à obtenir une distance focale de 41 cm. Puis, sur deux courbes identiques (la lentille étant cylindrique), on a cloué une feuille de zinc qui devient ainsi un moule dans lequel on peut fondre l'asphalte. La surface libre de la substance fondue est d'elle-même un plan horizontal. Deux lentilles fabriquées par ce procédé avaient chacune une surface plane d'un mètre carré.

L'oscillateur ou primaire consiste en deux tiges de laiton de 6 cm. de long, soudées par une de leurs extrémités à un disque circulaire de cuivre de 4 cm. de rayon, et portant à l'autre un bouton de laiton de 1 cm. de rayon.

L'inducteur donnait des étincelles de 2,5 cm. entre deux pointes. Les boutons de l'oscillateur étaient en général à une distance de 0,7 à 1 cm. Il fallait les nettoyer après 20 minutes d'usage. L'ignition était toujours plus forte à l'un des bou-

[1] Indice donné par M. Hertz. *Archives des sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXI, p. 306.

tons qu'à l'autre et, à ce qu'il semble, plus forte sur celui où cette action importait le moins, car, si on renversait le courant, l'intensité des effets diminuait.

La longueur d'onde calculée d'après la méthode de Hertz est pour cet oscillateur de 1 m.

Le résonnateur consiste en deux longueurs de 25 cm. de fil de cuivre dont une extrémité est arrondie et l'autre soudée à une petite plaque de laiton perpendiculaire au fil. Chacune de ces plaques porte une pointe, et l'une est mobile avec une vis de manière que la distance entre les pointes est variable. Le résonnateur est fixé à une pièce en bois et sa longueur totale est de 53 cm. à peu près la demi-longueur d'onde.

Les lentilles, comme on l'a dit, sont faites d'asphalte ordinaire, qui se trouve être un isolant suffisant. Elles sont cylindriques et plano-hyperboliques. L'excentricité de l'hyperbole est 1,7, valeur supposée de l'indice de réfraction de la substance pour des ondes infiniment longues. Si l'oscillateur est placé dans l'axe focal de la lentille, les rayons électriques, après l'avoir traversée, seront parallèles, et, tombant sur la seconde lentille, convergeront sur son axe focal. La surface plane des lentilles a 85 cm. de haut et 90 cm. de large.

Les lentilles étaient placées aux deux bouts d'une table, à une distance l'une de l'autre de 1,80 m. L'oscillateur ayant ses disques parallèles aux surfaces planes des lentilles était placé à 31 cm. de la lentille correspondante et vertical, l'axe du cylindre l'étant lui-même. L'effet direct sans lentille était perçu par le résonnateur à une distance de 1.20 m. dans les circonstances les plus favorables, c'est-à-dire dans le plan axial et les phénomènes observés dans l'espace entre les deux lentilles sont les suivants.

Le résonnateur donne des étincelles brillantes dans le plan axial près de la première lentille si on le tient parallèlement à l'oscillateur. En le rapprochant du bord de la lentille, l'intensité diminue. La concentration de la radiation par la première lentille est bien marquée. En effet, sur la surface de la seconde, à 250 cm. de l'oscillateur, l'étincelle est aussi forte qu'elle le serait à 100 cm. sans lentille.

Au delà de la seconde lentille, il y a convergence, mais l'intensité dans l'axe focal n'est pas plus grande qu'à la première surface de la lentille. Le cône de radiation entre la lentille et son foyer se constate par la cessation brusque de l'étincelle lorsque le résonnateur en sort. Dans le plan axial, on a pu constater des étincelles à 120 cm. au delà du foyer de la seconde lentille.

Des expériences faites par les auteurs pour constater des interférences paraissent avoir confirmé que la longueur d'onde est bien celle mentionnée plus haut. L. d. l. R.

CHIMIE

H. Goldschmidt et Victor Badl. Combinaisons disdiazoamidées. (*Berichte*, XXII, p. 933. Zurich.)

Si dans les amines primaires on remplace les deux H du groupe amine par deux restes diazoïques, on obtient des corps disdiazoamidés, dont le premier représentant, la dis-p-diazotoluéthylamine $C_2H_6N(N_2C_7H_7)_2$, a été obtenu par Goldschmidt et Holm[1]. Ces combinaisons s'obtiennent par l'action des chlorures diazoïques sur les amines primaires aliphatiques; elles sont décomposées à chaud par l'acide sulfurique, un des restes diazoïques se sépare, tandis que la combinaison diazoïque qui reste se transforme partie en amine et phénol, partie en alcool et amine aromatique; par réduction il se forme, à côté d'une amine grasse, une amine aromatique. Différents corps de cette série ont été préparés par les auteurs.

L. Rueff. β dinaphtyl-p-phénylènediamine et ses dérivés. (*Berichte*, XXII, 1080. Zurich.)

On obtient ce corps en épuisant par l'alcool et l'éther

[1] *Archives*, XX, 90.

après avoir acidifié le produit de la réaction à 200° de la p-phénylènediamine sur un excès de β naphtol; il cristallise de l'aniline sous forme de feuilles fusibles à 235° $C_6H_4(NHC_{10}H_7)_2$; le picrate forme des aiguilles noires fusibles à 217°. La diméthyldi-p-naphtyl-p-phénylènediamine cristallise du benzol en feuilles fusibles à 180°; la diacétyldi-β-naphtyl-p-phénylènediamine forme des feuilles fusibles à 210° ; la dibenzoyldi - β - naphtyl - p - phénylènediamine $C_6H_4(NC_7H_5OC_{10}H_7)_2$ cristallise du benzol en feuilles fusibles à 220°.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 4 juillet 1889.

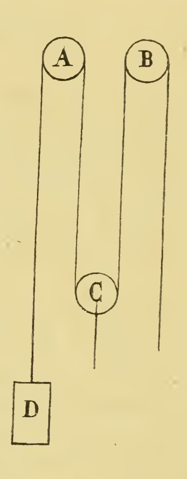
M. Thury. Étude sur les mœurs de l'hirondelle domestique, 1re partie. — R. Chodat. Observations tératologiques sur Polygala vulgaris et sur Crepis taraxacifolia. — C. Soret et A. Le Royer. Thermomètre à air avec régulateur automatique de la pression. — W. Marcet. Orages récents en Angleterre.— E. Gautier. Citations de lettres de G.-Ant. de Luc relatives à la température de l'année 1785. — R. Chodat. Cas d'irrégularité florale observé chez Pyrola rotundifolia. — E. Gautier. Analyse de divers travaux.

M. Thury ayant eu l'occasion de faire quelques observations suivies sur *les mœurs de l'hirondelle domestique* (*Hirundo rustica* Lin.), dans sa demeure des Pléiades près Genève, et durant huit années consécutives, communique à la Société un travail sur cet objet. La notice lue par M. Thury ayant été publiée ultérieurement par le *Journal de Genève* dans les nos du 30, 31 juillet, 1, 2 et 3 août, et tirée à part en un petit volume in-12, nous pouvons renvoyer à ces documents les personnes que le sujet intéresse.

M. Chodat expose à la Société ses *observations tératologiques sur Polygala vulgaris et sur Crepis taraxacifolia* [1].

[1] Voir le mémoire de M. Chodat, *Archives des sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXII, p. 42.

M. Ch. Soret parle de quelques perfectionnements qu'il a apportés, en collaboration avec M. A. Le Royer, au *thermomètre à air* décrit dans une précédente séance ; c'est, en premier lieu, l'adjonction d'un régulateur automatique de pression, simple et peu coûteux, dont le principe peut être appliqué dans beaucoup d'autres cas. Il consiste en un *coucou* de la Forêt-Noire dont on a démonté la minuterie et les pièces accessoires de la sonnerie, il reste alors deux rouages mus par les treuils A et B et réglés l'un par l'échappement et l'autre par un moulinet à ailettes. Une même chaîne passant sur les deux treuils porte à l'une de ses extrémités un poids D, et entre les treuils une poulie C à laquelle est suspendu le réservoir de mercure dont l'ascension et la descente fait va-



rier la pression. Un contact électrique dans le thermomètre commande un électro-aimant qui déclanche tantôt l'un, tantôt l'autre des rouages A et B, suivant que la pression est trop faible ou trop forte. Si B est arrêté et A libre de tourner, le réservoir monte sous l'action du poids D ; si, au contraire, A est arrêté et B libre, le réservoir descend sous son propre poids ; la pression oscille donc entre d'étroites limites autour de la valeur qui réduit à chaque instant l'air du thermomètre à un volume constant. Pour faire les lectures du thermomè-

tre, il convient, lorsque l'appareil a pris un régime régulier, d'arrêter complètement le mouvement B. Le rouage A fait alors croître la pression lentement et s'arrête lorsqu'elle a atteint la valeur convenable.

Le second perfectionnement est destiné à supprimer complètement l'étincelle de rupture dans le thermomètre. Dans ce but l'électro-aimant est placé dans le circuit transversal d'un pont de Wheatstone dont l'une des branches comprend le contact. Le pont est réglé de manière qu'aucun courant ne traverse l'électro-aimant quand le contact est établi. Dès que celui-ci cesse, l'équilibre est rompu et l'électro-aimant fonctionne.

M. le Dr MARCET présente quelques observations *sur des orages récents en Angleterre,* accompagnés de phénomènes électriques et de grêle, décrits dans une communication de M. Marriott à la Société royale de météorologie de Londres.

Le dimanche 2 juin dernier, vers 3 h. du matin, un orage venant du Wiltshire s'avançait vers le nord avec une vitesse d'environ 50 milles par heure. Un orage, probablement le même, se montrait dans les environs de la Tweed, entre 11 h. du matin et midi, accompagné de grêle, dont les grêlons mesuraient jusqu'à 5 pouces (12,7 centim.) de circonférence. L'après-midi du même jour, l'orage paraissait dans le nord-ouest de l'Angleterre et au sud de l'Écosse, et les grêlons atteignirent 7 pouces (17,8 centim.) de circonférence. — Le 6 juin, de violents orages se déchaînaient au sud de l'Angleterre et à Londres; à Tunbridge Wells il tomba des grêlons énormes, l'un d'eux se trouva peser une demi-livre, soit 226 grammes.

On obtint les photographies d'un certain nombre d'éclairs de ces différents orages. Quelques-unes se présentèrent sous la forme de bandes dans lesquelles on apercevait deux ou trois décharges électriques parallèles. Il se produisit aussi sur la plaque des tracés obscurs — phénomène rare, mais positif. La lumière des éclairs paraissait avoir une durée appréciable, et non la promptitude d'une étincelle de la machine électrique.

M. E. Gautier constate les plaintes générales qui se sont élevées cette année, dans nos contrées, *sur les rigueurs et la prolongation de l'hiver,* succédant à quatre hivers froids, et sur le retard de la végétation. Grâce à des notes datées d'il y a un siècle et qui lui ont été obligeamment confiées, il peut donner un exemple d'une froidure bien autrement sévère s'étant produite à Genève en 1785.

Guillaume-Antoine De Luc écrivait à son frère Jean-André, résidant en Angleterre, des détails intéressants sur les frimas qui se faisaient durement sentir à cette époque. Après des mois de janvier et de février très âpres, mars se montrait encore plus rigoureux. On traversait le lac sur la glace des Eaux-Vives aux Pâquis, la neige tombe en abondance, les courriers sont arrêtés. Au 1er avril on se croirait plutôt au commencement de janvier. Aucun travail agricole n'a pu encore être entrepris, la misère est profonde; on évalue à 8 pieds la neige tombée pendant la saison. Le 18 de ce même mois d'avril apparaissent quelques signes avant-coureurs du printemps, pour subir de rechef, du 24 au 29, six jours d'une bise violente.

Aussi le 10 juin, il reste encore beaucoup de noyers ne donnant aucun signe de vie, surtout du côté de Chancy. Les figuiers ont tous péri; la rame des hutins idem presque partout. La vigne basse a peu souffert; les arbres fruitiers donnent de belles espérances. Le nombre des oiseaux, des alouettes surtout, a sensiblement diminué. Néanmoins on n'a signalé que très peu de loups dans la plaine. Onze ans plus tôt, le 13 juillet 1774, une lettre du même observateur raconte qu'à ce moment-là des bandes de ces animaux s'aventuraient à l'abri des moissons sur pied jusqu'au Pré-l'Évêque, à Malagnou, Champel et Plainpalais. On en tua dans les rues de Chêne.

M. le Dr Chodat décrit à la Société un cas intéressant *d'irrégularité florale* qu'il a étudié dernièrement.

En 1885, M. J. Dufour de Lausanne publiait dans les *Archives* [1] un travail sur les mouvements de quelques organes

[1] J. Dufour, De l'influence de la gravitation sur les mouve-

floraux; il démontra le premier que plusieurs irrégularités florales sont dues à l'influence de la gravitation. Dans ce travail remarquable il s'est attaché surtout aux mouvements du style et des étamines chez diverses plantes. Un peu plus tard, M. H. Vöchting [2] exposait dans un journal périodique allemand sa manière de voir sur la zygomorphie ; il démontrait au moyen d'expériences, qui présentent dans leur ensemble les mêmes faits qu'avait déjà signalés M. Dufour, que certaines irrégularités florales sont dues uniquement au géotropisme des organes floraux. Ce même auteur distingue avec raison la *zygomorphie de position* de la *zygomorphie constitutionnelle*. La première est uniquement due à l'influence de la gravitation, l'autre dépend de causes intérieures, telles que : avortements plus ou moins considérables dans les différents verticilles.

J'ai eu l'occasion d'étudier en détail un cas intéressant de zygomorphie se rapportant à la première catégorie, c'est celui du *Pyrola rotundifolia*. On sait que la fleur développée de cette espèce est formée par 5 sépales soudés, 5 pétales libres, 10 étamines, 5 carpelles surmontés d'un style cylindrique unique. La fleur au début est parfaitement régulière. Dans un bouton long de 5 mm., les 10 étamines disposées régulièrement autour du pistil présentent à la base du filet une légère courbure avec convexité en dehors. Cette courbure qui se constate sur toutes les étamines avec la même intensité est due à des causes mécaniques et tout particulièrement à la pression radiale de l'ovaire contre les filets des étamines dans le jeune bouton. Le style épais et cylindrique ne dépasse pas encore les étamines et est parfaitement axille. Sa longeur est alors de 2 mm. Il s'accroît rapidement par sa portion basilaire. Dans la fleur développée les 10 étamines sont fortement déjetées vers le haut et viennent s'appliquer étroitement contre les pétales supérieurs. Leurs filets sont

ments de quelques organes floraux. *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1885, t. XIV, p. 413.

[1] H. Vöchting, über Zygomorphie und deren Ursache. *Pringsheim Jahrbücher*, XVII, Heft 2.

peu courbés ; cette flexion à été produite par une inégalité de croissance à la partie basilaire du filet. La marge inférieure de la base du filet s'allonge beaucoup plus que la marge supérieure, ce qui produit une forte courbure localisée sur un petit espace, et qui infléchit les étamines de 90°. Pendant ce temps le pistil s'incurve vers le sol en présentant deux courbures de sens contraire, la première, la moins considérable est celle de la base ; sa convexité est tournée vers le ciel ; la plus considérable, celle du sommet a sa concavité en haut, elle relève un peu le style qui dans son ensemble regarde le sol. On pouvait *à priori* supposer que ces flexions étaient dues à l'action de la pesanteur. Pour m'en assurer j'ai pris un certain nombre de *Pyrola rotundifolia* munies de leurs racines et de leurs feuilles ; j'ai entouré les racines de ouate maintenue constamment humide, et j'ai pendu ces plantes dans une cloche humide en les maintenant renversées, les racines en haut, les inflorescences en bas. Ces inflorescences se relèvent fortement sous l'influence du géotropisme. J'ai empêché cette flexion de l'axe, en pendant au sommet de chaque inflorescence un poids de deux grammes. Les pédoncules floraux ne sont pour ainsi dire pas ou peu géotropiques une fois développés. On pourrait donc négliger dans ce cas spécial le léger relèvement qu'ils ne présentent qu'au bout d'un temps prolongé. Dans ces conditions, les fleurs déjà développées et épanouies n'ont présenté aucun changement ; les flexions de leurs étamines et de leur style avaient donc été fixées dans l'accroissement. La plupart des fleurs qui s'ouvrirent dans ces conditions présentaient les modifications suivantes : Les étamines s'infléchissaient vers le bas (vers les racines), c'est-à-dire leur nouvelle position était éloignée de 180° de leur position normale. Le renversement avait donc suffi pour provoquer une flexion en sens contraire de la flexion normale. Le style était déjeté vers le haut, avec une seule courbure en demi-cercle. Cette courbure dans beaucoup de fleurs se dirigeait vers l'axe de l'inflorescence. Pourquoi dans la plupart des fleurs la courbure du style n'était-elle pas identique à la courbure normale et en sens contraire. L'interprétation de

cette anomalie ne présente pas de difficulté si l'on tient compte que les boutons soumis à l'expérience avaient déjà développé la partie terminale du style. Pendant sa formation il avait déjà subi l'action de la pesanteur, et cette action ayant comme on le sait un effet rémanent (Nachwirkung) la partie déjà développée du style continue à se courber comme si la plante n'avait pas été renversée. On sait que dans les cas normaux la convexité est antérieure, elle persiste dans le même sens. Par contre la partie basilaire se développant après le renversement de la plante, le géotropisme n'agira sur elle que dès ce moment et comme cette partie inférieure est positivement géotropique, elle s'infléchira vers le sommet de l'inflorescence. La première courbure (celle de la partie terminale) étant dirigée vers le haut de la plante, venant s'ajouter à la nouvelle courbure dans le même sens, il y aura flexion en demi-cercle. Les boutons moins avancés qui s'ouvrent et se développent pendant l'expérience ne présentent qu'une courbure à la base du style; l'action ancienne venant s'ajouter à l'action nouvelle, mais en sens contraire pour la partie terminale du style, celle-ci ne présente aucune flexion; il y a interférence : elle est dirigée verticalement (vers le sol dans l'expérience) vers le sommet de la plante à cause de la flexion basilaire. Enfin les plus jeunes boutons, en se développant, produisent un style à deux courbures semblables à celles du style normal mais en sens contraire; l'action nouvelle l'emporte sur l'effet rémanent.

Il y a quelque chose d'analogue pour les étamines : si dans les inflorescences soumises à l'expérience, il se trouve des boutons à moitié épanouis au moment du renversement, les étamines de ces derniers ne présenteront en général aucune flexion; leur portion basilaire qui est seule sensible venant seulement de se développer n'a subi que pendant peu de temps l'action de la pesanteur avant le retournement, mais l'effet rémanent est cependant encore assez fort pour empêcher et annuler l'action nouvelle.

Il est facile de comprendre pourquoi les étamines des boutons non encore ouverts au début de l'expérience ne sont sensibles qu'à l'action directe de la pesanteur, car on

sait que leur portion basilaire, négativement géotropique ne se forme et ne s'accroit qu'après l'épanouissement.

Les pétales ne présentent pas de mouvements géotropiques sensibles et nettement appréciables.

Ces expériences ont été faites sur 15 inflorescences et le nombre des fleurs observées a été de plus de 100. Dans aucune des expérieures faites jusqu'ici l'influence du géotropisme sur les organes floraux n'a pu être constaté avec autant de netteté et de facilité que dans nos expériences sur les pyroles. En choisissant des exemplaires munis de leurs feuilles et en opérant comme je l'indique, l'expérience peut durer deux semaines et comprendre ainsi toutes les fleurs d'une inflorescence. Il n'est pas nécessaire le plus souvent de la prolonger aussi longtemps; au bout de deux jours, les résultats acquis sont déjà très concluants. Les *Pyrola rotundifolia* peuvent donc être recommandés comme objets de démonstration pour les laboratoires de physiologie.

M. E. Gautier rend compte d'un récent travail de M. von Lepel sur les tubes humides et les éclairs [1].

Séance du 1er août.

M. Thury. Étude sur les mœurs de l'hirondelle domestique, 2me partie. — F.-A. Forel. Relèvement de la partie terminale des glaciers par glissement des couches supérieures de glace sur les inférieures. — F.-A. Forel. Mirage. — Duparc et Radiano. Étude microscopique et chimique des schistes ardoisiers. — R. Chodat. Monographie des Polygalacées.

M. Thury lit à la Société la seconde partie de sa notice *sur les mœurs de l'hirondelle domestique* [1].

M. F.-A. Forel expose quelques faits, d'après lesquels,

[1] *Archives des sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXII, p. 59.
[2] Voir ci-dessus, p. 269.

dans l'écoulement du glacier, il y aurait chevauchement des couches supérieures sur les inférieures, suivant le profil en long du glacier.

Ces faits sont, entre autres :

1° Le relèvement de la grotte artificielle creusée sur le flanc gauche du glacier des Bossons, à Chamonix; cette grotte est taillée au printemps dans une paroi verticale, au niveau de la moraine latérale; elle se relève, pendant l'été, à mesure que le glacier s'écoule dans la vallée, et au printemps suivant, son trou béant est à quelques 25 ou 30 mètres de hauteur au milieu de la muraille de glace; l'année suivante, les restes de la galerie sont sur la surface supérieure du glacier. Cette migration, qui est des plus apparentes en 1889, a déjà été constatée par divers observateurs de Chamonix, depuis une quinzaine d'années que la grotte est ouverte chaque printemps à la curiosité des touristes.

2° Le chevauchement ou glissement des couches supérieures qui surplombent sur les couches inférieures, en étant séparées les unes des autres par des plans de clivage; M. Forel l'a constaté sur les faces latérales de l'extrémité terminale du glacier de Fée inférieur, Alallin, Rhône, 1884, Zigiorenove, 1886. Les couches sont séparées par des plans de clivage, et ceux-ci sont ce que les auteurs désignent sous le nom de structure lamellaire ou structure des bandes bleues.

3° La formation d'une petite moraine frontale au point de contact d'une couche de glace blanche glissant sur une vieille couche de glace salie par des débris; glacier de Hochbalm, 1884.

4° La formation de bandes terreuses horizontales de *moraine interne* à l'extrémité terminale de certains glaciers : Rhône, 1870, 1871, Trient, 1882, Fée supérieur, 1884.

Il semble résulter de ces faits que les filets d'écoulement du glacier, au lieu de rester parallèles à l'axe médian du ravin, se relèveraient et viendraient successivement apparaître à la surface, en suivant des plans inclinés sur cet axe d'arrière en avant et de bas en haut. Ce mouvement interne se ferait, non pas par déformation de la masse plastique, mais par glissement des couches les unes sur les autres, sé-

parées par des plans de clivage, et ces plans de clivage seraient ceux de la structure lamellaire du glacier.

Un tel chevauchement des couches les unes sur les autres expliquerait bien les faits suivants :

a. La différence de vitesse entre les couches supérieures et inférieures : Forbes, Martins, Tyndall.

b. Le ralentissement de la vitesse d'écoulement à l'extrémité terminale du glacier.

c. La réapparition à la surface des corps enfouis dans l'intérieur du glacier.

d. La conservation de l'épaisseur à l'extrémité des glaciers très longs qui emploient des centaines d'années pour amener à leur extrémité terminale la glace des hauts névés, tout en étant soumis chaque année à une perte importante par l'ablation.

e. Les faits d'apparition à peu près simultanée des crues à l'extrémité terminale des divers glaciers d'un même massif de montagnes, que ces glaciers soient longs ou courts, qu'ils emploient des cinquantaines ou des centaines d'années pour le cheminement de leur glace du haut en bas du glacier.

M. F.-A. Forel a constaté depuis plusieurs années (1885) les faits d'apparition anormale de mirage sur le lac, mirage d'hiver, mirage du désert, que M. J.-L. Soret a décrits dans la séance du 5 juillet 1888 (*Archives*, XX, 303). Ce mirage a lieu, non seulement quand l'eau est plus chaude que l'air, mais au printemps et en été, il persiste pendant plusieurs heures quand l'air s'est plus réchauffé que la surface du lac. M. Forel en a plus de cinquante observations, dans lesquelles la chaleur de l'air mesurée à la côte était de plusieurs degrés, jusqu'à 7°, supérieure à celle de la surface de l'eau. Il a dans plusieurs cas vérifié par des traversées en bateau à vapeur que, même en plein lac, l'air était plus chaud que l'eau.

Il avait pensé à attribuer cette action de réfraction à l'humidité des couches inférieures de l'air ; mais un calcul de M. Ed. Hagenbach lui a montré que, dans des cas extrêmes, dépassant toutes les possibilités de différence d'humidité,

celle-ci ne pourrait compenser en plus qu'une différence de température de 0,5° C. Ce serait donc tout à fait insuffisant.

Dans ces cas de mirages anormaux, l'image inférieure est souvent très fortement déprimée, tellement qu'elle apparaît plus brillante que l'objet réel.

M. Duparc communique la suite du travail entrepris en collaboration avec M. Radiano sur *les schistes ardoisiers.*

Ces messieurs ont étudié récemment le schiste d'Outre-Rhône, en Valais, qu'ils ont trouvé très semblable quant à sa composition avec un échantillon de Salvan précédemment examiné par eux. Ce schiste contient 61 °/₀ de silice et a 3,60 de perte au feu. D'une manière générale, en groupant les résultats qu'ils ont obtenus pour les ardoises du Valais étudiées jusqu'à ce jour, soit Salvan, Outre-Rhône, Isérables, Sembrancher, ils ont, malgré des différences essentielles, reconnu cependant une certaine analogie de constitution qui est surtout caractérisée par l'absence presque complète de carbonate de chaux. A l'exception de deux échantillons de Salvan, ils ont toujours rencontré de la pyrite en quantité très faible il est vrai, le minimum étant de 0,20 dans Outre-Rhône et le maximum de 0,63 dans Isérables. Les dosages directs de charbon effectués dans toutes ces ardoises ont démontré que cet élément n'est pas fixe et varie passablement.

D'autres ardoises particulièrement calcaires ont été étudiées; ce sont celles de Morzine et La Chambre, en Savoie, et La Plet et Herbeumont en Belgique. Ces ardoises calcaires présentent des variations beaucoup plus grandes que les précédentes, et souvent deux fragments de la même localité, extraits à des époques différentes, varient dans des limites très grandes. Morzine a donné 35 °/₀ de SiO_2 et 49 de $CaCO_3$, La Chambre 28-29 °/₀ de $CaCO_3$, tandis que les ardoises belges sont beaucoup plus pauvres en calcaire et n'en renferment la première que 5-6 °/₀, la deuxième 4-5 °/₀.

Dans toutes les ardoises calcaires, il est à remarquer que le carbonate de chaux y est toujours accompagné d'une certaine quantité de carbonate de magnésie et qu'en outre la

pyrite toujours constante s'y rencontre en beaucoup plus grande quantité que dans les ardoises exemptes de carbonates.

Une étude microscopique seulement préliminaire montre une assez grande uniformité d'aspect chez les ardoises. Les éléments clastiques s'y rencontrent généralement sous la même forme et de forts grossissements montrent une structure beaucoup plus cristalline qu'on ne se le figure de prime abord.

M. R. Chodat communique la première partie d'un travail monographique *sur les Polygalacées*, monographie à laquelle il travaille depuis 3 $^1/_2$ ans. Cette première partie comprend l'histologie, l'embryogénie, l'organographie et la taxonomie du genre Polygala. M. Chodat cite quelques-uns des principaux résultats de ce travail, trop considérable pour pouvoir être analysé succinctement. L'arrangement des tissus dans la tige et les feuilles ne peut servir de base à une classification naturelle des différents groupes, c'est tout au plus si elle peut servir de caractère de second ordre pour la délimitation de petites sous-sections. Le bois est le plus souvent formé, en majeure partie, par des fibres ponctuées, entremêlées de vaisseaux spiralés, rayés, areolés, peu nombreux; les rayons médullaires sont le plus souvent très étroits; la moelle peut être formée de parenchyme à parois épaissies; les fibres libériennes manquent aux Polygala d'Europe (section du *P. Major*), au contraire sont parfaitement développées chez beaucoup d'espèces exotiques et leur arrangement peut souvent être caractéristique pour l'espèce. L'épiderme varie beaucoup; un cas singulier est fourni par P. Laureola où toutes les cellules épidermiques de la tige proéminent sous forme de trichomes courts; les poils ne sont jamais composés, mais toujours unicellulaires, à paroi souvent chagrinée; les feuilles sont le plus souvent bifaciales; le liber de leurs faisceaux est dirigé en bas, le xylème en haut; quelquefois ces faisceaux dans les feuilles sont entourés d'un endoderme et le plus souvent renforcés par un arc de sclerenchyme. Les glandes, quand il y en a (*P. Macradenia*), sont lysigènes. Les stipules manquent sauf chez les espèces du groupe des Spectabiles où elles apparaissent sous forme de piquants courts.

Les anthères sont à deux ou à trois logettes. Le pollen est le même pour toute la famille; il possède une sculpture caractéristique; il se divise intérieurement en deux cellules; sa formation et sa constitution ont été étudiées dans tous leurs détails. La formation et le développement de l'ovule et du sac embryonnaire présentent des particularités intéressantes; la cellule embryonnaire est toujours très grande; les antipodes souvent ne forment pas de parois autour de leurs noyaux; la graine contient de l'huile et de l'aleurone quelquefois bien cristallisé (*P. Benetti*).

L'amidon manque ordinairement dans les différents tissus; il se rencontre accidentellement dans des renflements tuberculeux de racines (*P. violioides*).

M. Chodat a trouvé un nouveau corps se rattachant aux hydrates de carbone, la Polygalite $C_6H_{12}O_5$. Outre ces substances, on trouve de la saponine, du sucre, de l'huile.

Toutes les espèces sans exception ont été étudiées au point de vue de l'histologie de leur tige et de leur feuille.

Un nombre considérable d'espèces nouvelles ont été décrites. La synonymie embrouillée a été élucidée, ainsi celle du groupe de *P. Rivinæfolia,* de *P. paludosa,* etc.

M. Chodat a groupé les espèces de ce genre en sections naturelles, reposant sur un ensemble de caractères morphologiques de première importance. La forme du stigmate est un caractère de premier ordre qui marche toujours de pair avec des caractères de second ordre. La longueur des filaments staminaux libres, la présence ou l'absence d'une crête sur la carène, la forme des pétales supérieurs et celle des semences sont des caractères de second et de troisième ordre permettant de faire des sous-sections.

Plus de 300 espèces ont été aussi décrites et classées en sections naturelles suivant leurs affinités.

L'auteur espère communiquer prochainement le reste du travail concernant les autres genres de cette intéressante famille.

Séance du 5 septembre.

Dr Marcet. Recherches sur les phénomènes chimiques de la respiration chez l'homme. — C. de Candolle. Cas de monstruosité d'une plante de valériane. — Ed. Sarasin et L. de la Rive. Oscillations électriques rapides de M. Hertz. — M. Micheli. Cypéracées du Paraguay. — H. de Saussure. Unification des règles de la classification zoologique.

Le Dr Marcet communique un travail sur *les phenoménes chimiques de la respiration de l'homme* qu'il a présenté à la Société royale de Londres en juin dernier.

Il put confirmer en 1883 au Righi (Righi Staffel) les résultats qu'il avait obtenus précédemment au sujet de l'influence de l'altitude sur la respiration, et formule ainsi la loi physiologique qui découle de ces travaux. « En s'élevant sur une « montagne, à mesure que la pression barométrique baisse, « *le volume d'air* qu'un homme respire, ramené à 760mm et « 0° C., pour brûler le carbone nécessaire à la formation « d'un poids donné d'acide carbonique dans le corps *dimi*-« *nue.* » Il résulte de cette loi que la respiration est plus libre et plus facile sur les montagnes que dans la plaine, tant pour les personnes en bonne santé que pour les malades.

L'auteur, après avoir décrit la méthode qu'il a adoptée dans ses recherches récentes et montré l'instrument dont il s'est servi pour les dosages d'acide carbonique dans l'air expiré, décrit les résultats qu'il a obtenus dans son laboratoire sur les rapports existant entre les volumes d'air et les poids d'acide carbonique expirés des poumons. Il s'attache aussi à démontrer l'influence des différentes pressions barométriques locales sur les phénomènes respiratoires.

M. C. de Candolle montre un pied de valériane (*V. officinalis)* à tige tordue, trouvé récemment sur le Jura. Cette plante porte, à sa partie inférieure une paire de feuilles opposées auxquelles succède un second verticelle formé de trois

feuilles. A partir de ces deux entre-nœuds normaux les feuilles soudées par leurs bases sont disposées en une spirale continue qui, après avoir tourné deux fois autour de la tige, se relève plus haut en une rangée verticale. La tige elle-même, au-dessus du second entre-nœud normal se renfle en forme de cône renversé creux intérieurement et ses fibres, déviées de leur direction naturelle, dessinent à sa surface des spires en sens inverse de la spirale foliaire. Bref la plante en question présente tous les caractères de la *torsion* telle qu'elle a été déjà souvent décrite par les auteurs. A. Braun qui en a fait une étude approfondie a baptisé ce genre d'anomalie du nom de *torsion forcée* (Zwangsdrehung), exprimant, par là, qu'elle résulte de la gêne que la soudure des feuilles disposées en spirale apporte, selon lui, à l'allongement régulier des entre-nœuds. Tout dernièrement encore M. Hugo de Vries a aussi adopté cette explication en s'appuyant sur de nouvelles observations qu'il a faites de nombreux cas de torsion chez le *Dipsacus silvestris*. En semant des graines de cette espèce récoltées sur des plantes à tiges tordues, il est même parvenu, par sélection, à rendre cette monstruosité héréditaire, ce qui lui a permis d'en étudier, à volonté, le développement. Il a constaté que la partie de la tige sur laquelle les feuilles naissent en spirales n'est pas tordue dès le début et que la torsion ne s'y produit que plus tard pendant l'allongement des tissus en même temps que la spirale foliaire se détord visiblement. M. C. de Candolle émet néanmoins des doutes sur la valeur de cette explication mécanique de la torsion. Il rappelle qu'elle est contredite par les cas assez nombreux de torsion non accompagnée de la soudure des feuilles signalés par M. P. Magnus chez diverses plantes et notamment chez un *Dipsacus silvestris*.

M. Edouard Sarasin rend compte des essais que M. Lucien de la Rive et lui poursuivent depuis quelque temps en vue d'étudier *les oscillations électriques rapides de M. Hertz* et fait la communication suivante :

Sous l'impression des belles découvertes de M. Hertz dans le domaine de l'électricité, nous avons désiré, comme tant

d'autres, répéter la série d'expériences à l'aide desquelles ce savant a établi un parallélisme si remarquable entre l'électricité et la lumière.

Les appareils dont nous nous sommes servis sont, dans leurs traits principaux, identiques à ceux qu'a employés et décrits M. Hertz.

Comme conducteur primaire, nous avons pris le plus souvent un grand excitateur, formé tantôt de boules de zinc de 30 cm. de diamètre, tantôt de plaques de laiton carrées de 40 cm. de côté, reliées par un fil de 5 mm. de diamètre, présentant en son milieu une interruption de 8 à 10 mm. environ entre deux boules terminales en laiton pleines de 3 cm. de diamètre[1]. Nous avons employé dans d'autres cas un excitateur plus petit, avec plaques de laiton de 20 cm. de côté. Les deux extrémités du conducteur primaire étaient reliées aux deux pôles d'une bobine de Ruhmkorff de 58 cm. de longueur et 22 cm. de diamètre, actionnée elle-même par une machine électro-magnétique équivalant environ à dix ou douze éléments de Bunsen. Comme conducteurs secondaires, nous avons pris presque exclusivement les conducteurs circulaires tels que les décrit M. Hertz, présentant en un point de leur circonférence une petite interruption dont la grandeur se règle à volonté à l'aide d'un petit excitateur à vis micrométrique. Ces cercles avaient, le plus grand 75 cm. de diamètre, le moyen 50 cm. et le plus petit 35 cm. Nous avons réussi à reproduire exactement les expériences décrites par M. Hertz dans ses premières notes, et pour la désignation desquelles, pour plus de simplicité, nous nous référons au mémoire d'ensemble qu'il a adressé aux *Archives*[2].

1° Expérience démontrant l'extrême rapidité de l'étincelle

[1] Nous avons remarqué qu'avec les boules pleines, l'effet maximum du conducteur primaire sur le résonnateur est plus lent à s'établir, ce maximum paraissant n'exister qu'à partir du moment où les boules entre lesquelles jaillit l'étincelle ont atteint elles-mêmes le maximum de leur échauffement, état qui est beaucoup plus lent à s'établir pour des boules pleines que pour des boules creuses, comme nous en avons aussi employé dans certains cas.

[2] *Archives des sciences phys. et nat.*, 1889, tome XXI, p. 281.

excitatrice telle que M. Hertz l'a réalisée dans son conducteur primaire (loc. cit. p. 284).

2° Expérience relative aux phénomènes de résonance qui accompagnent les oscillations électriques rapides, et à la mise à l'unisson du conducteur primaire et du conducteur secondaire (loc. cit., p. 289).

3° Production de l'étincelle dans le conducteur secondaire à de plus grandes distances (loc. cit., p. 288), nous l'avons constatée jusqu'à près de 10 m. de distance.

4° Action d'un écran métallique interposé (loc. cit. p. 299), disparition de l'étincelle derrière un écran formé d'une grande feuille de zinc, par exemple, placée entre le conducteur primaire et le résonnateur, à une petite distance de ce dernier, réapparition de l'étincelle, aussitôt que le résonnateur n'est plus derrière l'écran.

5° Expériences de réflexion dans des fils (loc. cit. p. 290). Deux fils parallèles entre eux et perpendiculaires à l'axe du conducteur primaire à boules partent de deux plaques placées en regard de chacune de ces deux boules, à une distance de quelques centimètres de celles-ci. Le résonnateur circulaire déplacé entre ces deux fils, maintenu toujours perpendiculaire à leur direction, à égale distance de l'un et de l'autre et l'interruption à sa partie supérieure, montre à intervalles réguliers le long des fils des périodes de croissance et de décroissance de l'étincelle. Ce qui résulte, suivant l'explication de M. Hertz, de ce que les ondes électriques se propageant le long des fils sont réfléchies à l'extrémité de ceux-ci, les ondes réfléchies formant avec les ondes directes un système d'oscillations fixes avec des ventres et des nœuds équidistants.

Nous nous sommes surtout attachés à cette dernière expérience que nous avons variée de différentes manières et qui nous a conduits à un résultat assez inattendu, digne, nous semble-t-il d'être relevé ici.

Ayant le conducteur primaire à boules de zinc de 30 cm. de diamètre, écartées de centre à centre de $1^{m},20$, ce qui nous donne très approximativement l'unisson avec le résonnateur de 75 cm., et promenant ce dernier sur un banc à cou-

lisse dans l'intervalle des deux fils à partir de leurs extrémités les plus éloignées, nous obtenons d'abord entre ces deux extrémités un maximum de l'étincelle, correspondant à un ventre, puis, marchant dans la direction du conducteur primaire, nous observons de $0^m,90$ à $1^m,50$ environ, un affaiblissement considérable et même la disparition complète de l'étincelle, dénotant un nœud vers $1^m,20$; continuant à rapprocher le résonnateur du conducteur primaire, nous voyons reparaître dans celui-ci l'étincelle qui passe d'abord par un nouveau maximum, puis par un second minimum, soit un second nœud, vers $3^m,85$. C'est la confirmation exacte de l'expérience de M. Hertz.

Mais si au lieu du résonnateur de 75 cm. qui est à l'unisson du conducteur primaire employé, à $1^m,20$ d'amplitude, nous prenons maintenant comme résonnateur le cercle moyen de 50 cm. de diamètre, sans rien changer au conducteur primaire, nous ne trouvons plus de nœud à $1^m,20$ et à $3^m,85$, mais, en revanche, nous en constatons à $0^m,75$, $0^m,80$ et à $2^m,55$. Enfin, si dans cette même expérience, en conservant toujours au conducteur primaire sa même amplitude de $1^m,20$, nous remplaçons le cercle moyen par le petit résonnateur de 35 cm. de diamètre, nous ne constatons point de nœud à $1^m,20$ et à $3^m,85$, comme dans le premier cas, ni à $0^m,80$ et à $2^m,55$, comme dans le second cas, mais, en revanche, nous trouvons trois nœuds très nets à $0^m,55$, à $1^m,95$ et à $3^m,40$.

Pour plus d'exactitude, il convient de remarquer que dans les positions du résonnateur correspondant aux nœuds, on constate une très grande diminution, mais pas la cessation complète, de l'induction dans le résonnateur. Pour réaliser les extinctions complètes et les réapparitions de l'étincelle dans le résonnateur durant sa marche entre les deux fils, il faut régler très exactement, à l'aide de la vis micrométrique, la grandeur de l'interruption du résonnateur.

En prenant maintenant un conducteur primaire d'une amplitude moindre, par exemple 80 cm., qui donnerait à peu près l'unisson avec le résonnateur moyen de 50 cm. de diamètre, nous retrouvons encore, avec chacun de nos trois ré-

sonnateurs, les mêmes internœuds que dans la disposition précédente.

Si, au lieu de laisser les extrémités des deux fils séparées, nous les réunissons par un fil de jonction, il s'y produit, comme l'indique M. Hertz, un nœud au lieu d'un ventre. L'expérience reste la même, à cela près que les ventres et les nœuds que nous venons de constater se sont déplacés d'un quart de longueur d'onde. Nous avons, avec le grand résonnateur, le premier nœud à l'extrémité, le second à $2^m,70$ environ; avec le résonnateur moyen, le premier nœud est à 0 également, le second à $1^m,70$; avec le petit résonnateur, le premier à 0, le second à $1^m,20$, le troisième à $2^m,70$.

Nous avons varié cette expérience de différentes manières, par exemple en remplaçant les deux fils par un long tube de cuivre de 3 cm. de diamètre; l'effet reste le même. Il subsiste également, seulement affaibli, lorsqu'on supprime les deux plaques de laiton mises en regard des boules du conducteur primaire, desquelles partent les fils dans l'expérience de M. Hertz, et qu'on fixe simplement les extrémités libres des fils par des supports isolés à la distance où les plaques elles-mêmes se trouvaient auparavant des deux boules du conducteur primaire.

Nous sommes ainsi amenés à conclure que les nœuds ou points d'action minima dépendent plus des dimensions du résonnateur que de la longueur du conducteur primaire, les internœuds étant, toutes conditions égales d'ailleurs, sensiblement proportionnels aux dimensions du résonnateur employé pour les révéler.

Pour faire cadrer ces faits avec la théorie de M. Hertz, il faut, nous semble-t-il, admettre que chaque résonnateur ne permet de constater les ventres et les nœuds que d'une seule longueur d'onde à l'unisson avec lui, et que cette longueur d'onde, à peu près quelconque, existe avec plus ou moins d'intensité dans la vibration oscillatoire, quelque soit le conducteur primaire, et à côté de l'ondulation fondamentale qui correspond à l'amplitude de celui-ci.

Ceci revient à supposer que l'oscillation primaire ou fondamentale est accompagnée de ses harmoniques, peut-être

même d'un système d'oscillations plus complexe, dans lequel chaque résonnateur trie, pour en révéler le jeu, celles qui sont à l'unisson avec lui.

Si le résonnateur est celui qui est à l'unisson avec le conducteur primaire, les ventres et les nœuds qu'il décèle sont ceux de l'ondulation fondamentale.

Cette hypothèse *des ondulations électriques à période multiple* nous paraît, à première vue, la seule qui permette de rendre compte des faits que nous avons observés. Nous la donnons, du reste, sous toute réserve, continuant nous-mêmes l'étude de ce point spécial.

Cette manière de considérer les faits que nous venons de décrire n'est point d'ailleurs en désaccord avec les observations ni avec les vues de M. Hertz lui-même, comme nous nous en sommes assurés.

M. Micheli montre les premières planches destinées à accompagner la monographie dressée par M. Maury des *Cypéracées du Paraguay*, laquelle doit paraître dans le prochain volume de nos *Mémoires*.

M. H. de Saussure, de retour des récents Congrès zoologiques de Paris, expose les vues qui paraissent dominer maintenant sur l'*unification des règles de la classification zoologique.*

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AOUT 1889

Le 1er, très forte rosée le matin.
2, fort vent jusqu'à 7 h. du matin; tonnerres au S. pendant 5 minutes à 2 h. 39 m. du soir.
3, très forte rosée le matin.
5, à 1 h. du matin, éclairs à l'O. et au NO.; violent vent à 4 h. du matin.
10, fort vent à 10 h. du matin.
11, fort vent à 1 h. du soir et depuis 10 du soir.
12, tonnerres au SSE. à 5 h. 15 m. et à 5 h. 26 m. du soir.
17, très forte rosée le matin; fort vent depuis 9 h. du soir.
19, éclairs à l'O. dans la soirée; violent vent depuis 11 h. du soir.
20, tonnerres à l'O. de 7 h. 15 m. à 8 h. du matin, ainsi qu'à 10 h. 15 m. du matin; très fortes averses.
21, fort vent dans la nuit et depuis 10 h. du soir.
22, très fort vent jusqu'à 10 h. du matin.
26, forte rosée le matin.
28, très forte rosée le matin.
29, très forte rosée le matin.
30, forte rosée le matin et le soir.
31, très forte rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.

	mm
Le 3 à 7 h. matin	731,03
8 à 6 h. matin	730,78
14 à 10 h. matin	731,27
16 à 8 h. matin	731,00
18 à 9 h. matin	730,27
20 à 11 h. soir	727,11
24 à 9 h. soir	728,54
29 à 9 h. matin	734,53

MINIMUM.

	mm
Le 2 à 3 h. matin	727,42
5 à 3 h. soir	724,29
11 à 2 h. soir	721,48
15 à 6 h. matin	727,42
17 à 6 h. soir	727,23
19 à 10 h. soir	719,90
22 à 5 h. matin	722,99
25 à 5 h. soir	726,84

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+ °	°	cm
1	729,06	+ 1,14	727,45	730,26	+19,77	+ 1,00	+11,8	+26,3	760	+ 78	580	920	...	...	N. 1	0,02	...	.....	158,0
2	729,33	+ 1,40	727,42	730,85	+21,29	+ 2,55	+16,2	+26,2	702	+ 20	540	870	...	...	SSO. 1	0,78	19,5	+0,8	156,1
3	730,18	+ 2,24	728,78	731,03	+19,78	+ 1,08	+12,8	+25,4	741	+ 58	500	950	...	...	NNE. 1	0,03	19,7	+0,9	154,8
4	728,36	+ 0,41	725,81	730,13	+20,07	+ 1,40	+12,9	+25,3	724	+ 40	560	870	...	...	N. 1	0,02	...	.....	153,0
5	725,43	— 2,52	724,29	726,32	+21,58	+ 2,95	+15,5	+28,0	721	+ 35	550	950	3,4	2	SO. 1	0,70	21,0	+2,2	152,5
6	726,12	— 1,84	725,38	727,79	+20,76	+ 2,17	+14,1	+25,3	648	— 39	440	800	0,2	...	SO. 1	0,78	21,4	+2,6	151 5
7	729,20	+ 1,24	727,94	730,39	+19,88	+ 1,33	+14,9	+24,9	627	— 61	460	780	...	...	variable	0,17	21,2	+2,4	151,0
8	729,10	+ 1,14	727,25	730,78	+17,26	— 1,24	+ 8,6	+23,0	721	+ 31	500	940	...	...	NNE. 1	0,42	...	.....	151,0
9	726,45	— 1,52	724,88	727,70	+19,86	+ 1,41	+12,6	+27,5	696	+ 5	440	910	...	...	variable	0,63	...	.....	149,0
10	725,22	— 2,75	722,98	726,67	+20,61	+ 2,21	+15,8	+24,9	593	—100	400	720	...	...	SSO. 1	0,50	20,4	+1,5	149,0
11	722,65	— 5,32	721,48	723,87	+16,86	— 1,49	+12,3	+21,5	709	+ 15	500	920	14,7	9	SO. 1	0,78	...	.....	147,5
12	722,92	— 5,05	722,12	724,30	+15,61	— 2,68	+11,7	+19,8	737	+ 41	610	940	9,6	8	SSO. 1	0,88	12,6	—6,2	147,1
13	726,65	— 1,32	724,44	729,71	+13,39	— 4,84	+ 8,1	+20,9	791	+ 93	580	950	2,6	2	variable	0,87	11,5	—7,3	149,5
14	730,33	+ 2,36	729,81	731,27	+14,60	— 3,57	+ 9,0	+20,4	683	— 17	430	870	...	...	variable	0,73	12,0	—6,8	149,3
15	728,86	+ 0,90	727,42	730,14	+16,19	— 1,91	+10,7	+20,6	699	— 2	620	760	0,1	...	SSO. 1	0,97	15,5	—3,3	147,0
16	730,34	+ 2,38	729,70	731,00	+18,91	+ 0,88	+13,4	+25,2	740	+ 37	540	900	...	...	variable	0,57	16,3	—2,5	147,0
17	728,78	+ 0,83	727,23	729,74	+19,83	+ 1,87	+ 9,7	+27,8	715	+ 10	470	960	...	...	S. 1	0,02	15,0	—3,8	143,7
18	729,03	+ 1,08	727,57	730,27	+20,28	+ 2,39	+14,9	+25,0	754	+ 46	660	860	...	...	variable	0,85	...	.....	144,0
19	724,21	— 3,73	719,90	727,71	+21,70	+ 3,89	+16,1	+28,3	687	— 23	430	900	...	...	variable	0,83	16,9	—1,9	143,0
20	723,94	— 3,99	720,70	727,41	+17,84	+ 0,11	+14,0	+22,0	695	— 17	500	910	33,9	9	SSO. 1	0,82	16,5	—2,2	144,0
21	725,78	— 2,14	723,85	727,24	+19,12	+ 1,47	+12,9	+24,9	632	— 82	560	800	...	...	S. 1	0,85	14,0	—4,7	146,0
22	725,26	— 2,65	722,99	727,60	+16,23	— 1,34	+12,2	+21,7	743	+ 27	550	940	13,6	14	SSO. 1	1,00	12,9	—5,8	146,0
23	727,13	— 0,77	726,34	727,71	+13,76	— 3,72	+10,4	+17,5	754	+ 35	570	920	0,0	...	N. 1	1,00	13,3	—5,3	148,0
24	727,56	— 0,33	726,57	728,54	+13,62	— 3,77	+ 9,6	+18,5	704	— 17	530	880	...	...	SSO. 1	0,80	13,5	—5,1	147,0
25	727,47	— 0,41	726,84	728,48	+13,01	— 4,29	+ 7,9	+18,9	696	— 28	430	930	...	...	S. 1	0,57	...	.....	147,0
26	728,76	+ 0,89	727,82	730,12	+13,70	— 3,51	+ 8,0	+20,8	710	— 16	520	890	...	...	variable	0,78	15,3	—3,3	148,0
27	731,91	+ 4,06	730,36	733,59	+13,56	— 3,55	+ 6,9	+17,8	647	— 82	440	940	...	...	NNE. 1	0,13	15,8	—2,7	147,2
28	733,55	+ 5,71	732,58	734,22	+13,26	— 3,75	+ 6,0	+18,6	708	— 23	460	940	...	...	NNE. 1	0,13	16,0	—2,5	144,1
29	733,44	+ 5,62	732,48	734,53	+14,86	— 2,05	+ 7,1	+20,5	726	— 8	520	920	...	...	N. 1	0,00	16,0	—2,4	141,5
30	732,12	+ 4,32	730,51	733,48	+16,69	— 0,11	+ 9,0	+23,9	736	0	430	940	...	...	N. 1	0,00	17,3	—1,1	141,7
31	729,88	+ 2,10	728,57	731,00	+18,96	+ 2,26	+10,9	+26,0	745	+ 6	520	980	...	...	variable	0,02	18,0	—0,3	140,8
Mois	728,03	+ 0,37			+17,51	— 0,40			708	— 2						0,54	16,32	—2,33	147,91

MOYENNES DU MOIS DE AOUT 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,05	728,03	728,60	728,51	727,70	727,13	727,09	727,66
2e »	726,80	726,44	726,96	727,05	726,81	726,48	726,52	727,11
3e »	729,31	729,10	729,60	729,90	729,53	728'94	728,89	729,55
Mois	728.09	727,89	728,43	728,53	728,06	727,56	727,54	728,15
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+16,80	+15,50	+17,51	+21,92	+24,31	+24,40	+21,60	+18,64
2e »	+15,19	+14,15	+15,45	+18,97	+20.67	+20,92	+18,14	+16,68
3e »	+12,66	+11,04	+13,25	+16,50	+18,23	+19,13	+16,44	+14,02
Mois	+14,81	+13,48	+15,34	+19,05	+20,98	+21,41	+18,65	+16,37
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	832	841	772	625	527	526	657	767
2e »	827	846	821	672	622	564	691	725
3e »	803	870	810	640	569	525	683	775
Mois	820	853	801	645	573	538	677	756

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	+ 13,52	+ 25,68	+ 20,53	0,40	3,6	152.59
2e »	+ 11,99	+ 23,15	+ 14,54	0,73	60,9	146,21
3e »	+ 9,17	+ 20,83	+ 15,21	0,48	13,6	145,21
Mois	+ 11,48	+ 23,14	+ 16,32	0,54	78,1	147,91

Dans ce mois l'air a été calme 10,2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,58 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 25°,2, O. et son intensité est égale à 21,6 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1889.

Le 2, très forte bise de 1 h. à 4 h. du soir; brouillard depuis 10 h. du soir.
5, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
7, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et à 7 h. du soir.
9, légère pluie à 7 h. du matin.
10, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
11, légère pluie à 7 h. du matin; brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; fort vent à 1 h. du soir.
12, légère pluie à 1 h. du soir; fort vent depuis 4 h. du soir.
13, forte bise pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.
14, forte bise de 1 h. à 4 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir.
15, légère neige jusqu'à 10 h. du matin.
19, brouillard pendant tout le jour.
20, violentes averses pendant la nuit.
22, pluie jusqu'à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.
23, pluie de 4 h. à 7 h. du soir, puis neige; fort vent depuis 7 h. du soir.
24, neige jusqu'à 7 h. du matin; forte bise jusqu'à 10 h. du matin.
25, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
26, brouillard depuis 4 h. du soir; forte bise depuis 7 h. du soir.
27, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; forte bise depuis 10 h. du matin.
30, forte bise à 4 h. du soir.
31, forte bise à 4 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 8 à 11 h. matin	570,87	Le 6 à 1 h. soir	567,11
17 à 10 h. soir	572,83	12 à 7 h. matin	562,35
21 à 10 h. matin	567,84	20 à 3 h. matin	565,08
29 à 10 h. soir	574,16	24 à 6 h. matin	562,76

SAINT-BERNARD. — AOUT 1889.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim	millim.	millim.	°	°	°	°	millim	millim			
1	573,16	+ 4,28	573,02	573,30	+13,33	+ 6,93	+ 7,8	+16,9	.....	.....	....	NE. 1	0,00
2	572,21	+ 3,32	571,85	572,85	+ 9.48	+ 3,08	+ 5,9	+15,0	.....	2,5	....	NE. 1	0,52
3	571,79	+ 2,89	571,41	572,31	+10,01	+ 3,62	+ 5,9	+14,0	.....	.....	....	variable	0,03
4	571,39	+ 2,49	570,25	572,30	+12,28	+ 5,89	+ 8,4	+16,5	.....	.....	....	SO. 1	0,22
5	568,72	— 0,18	568,15	570,20	+ 9,24	+ 2,86	+ 7,4	+11,8	.....	.....	....	NE. 1	0,67
6	568,16	— 0,74	567,11	568,97	+ 9,86	+ 3,49	+ 5,0	+13,8	.....	.....	....	SO. 1	0,10
7	569,38	+ 0,49	567,92	570,62	+ 6,84	+ 0,49	+ 3,2	+12,6	.....	.....	....	NE. 1	0,37
8	570,46	+ 1,57	569,75	570,87	+10,38	+ 4,05	+ 5,0	+14,4	.....	.....	....	SO. 1	0,08
9	569,33	+ 0,45	568,90	570,08	+ 9,83	+ 3,52	+ 6,5	+13,5	.....	.....	....	SO. 1	0,32
10	566,81	— 2,06	564,95	568,90	+ 8,96	+ 2,68	+ 5,7	+12,8	.....	.....	....	NE. 1	0,53
11	563,26	— 5,60	562,72	564,93	+ 3,06	— 3,19	— 0,4	+ 7,8	.....	.....	....	SO. 1	0,82
12	562,90	— 5,95	562,35	563,70	+ 2,89	— 3,33	— 1,1	+ 7,8	.....	.....	....	SO. 2	0,60
13	564,38	— 4,45	563,05	566.50	— 0,91	— 7,10	— 2,4	+ 2,5	.....	.....	....	NE. 2	0,65
14	567,58	— 1,23	566,63	568,08	+ 0,03	— 6,13	— 1.8	+ 2,2	.....	.....	....	NE. 2	0,40
15	567.54	— 1.25	566,43	569,10	+ 2,28	— 3,84	— 0,5	+ 6,0	.....	.....	....	NE. 1	0,62
16	570,10	+ 1,33	569,20	570,65	+ 4,43	— 1,65	+ 1,9	+ 7.0	.....	.....	....	NE. 1	0,33
17	571,56	+ 2.81	570,50	572,83	+ 9,14	+ 3,10	+ 4,4	+13,2	.....	.....	....	SO. 1	0,07
18	572,43	+ 3,71	572,22	572.70	+ 9,34	+ 3,34	+ 6,2	+14,8	.....	.....	....	SO. 1	0,43
19	569,64	+ 0,95	566,70	572,20	+ 7,64	+ 1,69	+ 6,0	+ 9.8	.....	.....	....	SO. 1	1,00
20	566,03	— 2,63	565,08	566,71	+ 5.19	— 0,71	+ 1,4	+ 9,2	.....	42,0	....	variable	0,28
21	567,29	— 1,34	566,45	567,84	+ 7,91	+ 2.06	+ 1,4	+11,6	.....	.....	....	SO. 1	0,45
22	565,96	— 2,64	565,02	567,03	+ 5,01	— 0,78	+ 2,0	+ 8,5	.....	13,0	....	SO. 1	0,83
23	565,04	— 3,52	563,65	565,58	+ 0,98	— 4,75	— 2,0	+ 5,6	.....	4,5	....	SO. 1	0,88
24	564,35	— 4,17	562,76	565,95	— 1,82	— 7,49	— 3,1	0,0	70	5,0	....	NE. 1	0,83
25	564,99	— 3,49	564,20	565,80	— 0,16	— 5,76	— 2,6	+ 2,5	.....	.....	....	NE. 1	0.90
26	566.23	— 2,21	565,16	567,20	— 0,64	— 6,17	— 2,6	+ 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0,63
27	568,43	+ 0,03	566,90	569,94	— 1,51	— 6,97	— 2,7	+ 1,5	.....	.....	....	NE. 2	0,47
28	571,05	+ 2,70	569.80	572,60	+ 3,13	— 2,26	— 2,1	+ 6,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
29	573,26	+ 4,96	572,30	574.16	+ 8,56	+ 3,24	+ 4,2	+11,8	.....	.....	....	NE. 1	0,05
30	573.51	+ 5,26	573,05	574.10	+ 9,43	+ 4,19	+ 5,8	+13,6	.....	.....	....	NE. 1	0,07
31	572,18	+ 3,98	572,08	573,10	+ 9,79	+ 4,63	+ 7,6	+12,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
Mois.	568,68	+ 0,28			+ 5,93	— 0,05							0,43

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AOUT 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	570,62	570,12	570,00	570,26	570,12	570,04	569,96	570,03
2e » ...	567,47	567,22	567,15	567,47	567,65	567,68	567,74	567,97
3e » ...	568,12	567,84	568,10	568,46	568,57	568,67	568,58	568,77
Mois	568,72	568,38	568,41	568,72	568,77	568,79	568,75	568,92

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Température.						
1re décade...	+ 7°,58	+11°,21	+13°,21	+12°,03	+10°,49	+ 9°,14
2e » ...	+ 3,38	+ 5,15	+ 7,15	+ 6,30	+ 4,22	+ 3,20
3e » ...	+ 2,11	+ 4,86	+ 6,13	+ 5,34	+ 4,03	+ 3,26
Mois	+ 4,28	+ 7,00	+ 8,74	+ 7,81	+ 6,17	+ 5,14

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
				mm	mm
1re décade...	+ 6°,08	+14°,13	0,28	2,5	—
2e » ...	+ 1,37	+ 8,03	0,52	42,0	—
3e » ...	+ 0,54	+ 6,88	0,46	22,5	70
Mois	+ 2,59	+ 9,59	0,43	67,0	70

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,71 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 30,1 sur 100.

CONTRIBUTIONS A L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

DES

DIACLASES PRODUITES PAR TORSION

PAR

MM. L. DUPARC et A. LE ROYER

Avec planche III

Le parallélisme constant affecté par certaines cassures terrestres, leur tendance à s'orienter sur deux systèmes conjugués se coupant sous un certain angle et à former par leur entre-croisement un véritable réseau, ont fait l'objet de nombreuses observations ; mais c'est à M. Daubrée que revient l'honneur d'en avoir expliqué l'origine d'une manière satisfaisante et d'avoir reproduit expérimentalement par des moyens différents les principaux types de fractures terrestres.

Ce parallélisme frappant, bien qu'altéré souvent par des actions postérieures, se manifeste dans les grandes cassures comme dans les petites et se poursuit jusque dans les fêlures invisibles qui sillonnent certaines roches d'apparence compacte, fêlures qui n'y sont décelées que par la moindre résistance du roc en cet endroit. La nature pétrographique du milieu est du reste sans influence sur le phénomène, car l'on observe des réseaux réguliers dans les grès

comme les calcaires, dans les quartzites comme les granits. Fréquemment remplies par des infiltrations, ces cassures deviennent alors le siège de filons métallifères, ce qui permet, dans les pays où on les exploite, d'en suivre l'allure générale et d'en déterminer rigoureusement l'orientation. Bien que l'observation et l'expérience aient démontré concurremment que deux types de fractures, bien qu'en apparence différents, ont souvent une parenté étroite et peuvent prendre naissance simultanément, on a cependant subdivisé les cassures terrestres en deux groupes, les Failles ou Paraclases et les Joints ou Diaclases, la différence de ces deux types résidant principalement dans le retrait qui accompagne les failles et manque chez les joints.

Avant Daubrée on attribuait les diaclases à des actions fort diverses; l'opinion la plus générale recherchait leur origine dans un phénomène de retrait dû au refroidissement ou à la dessiccation selon les cas. Il est évident que la division prismatique qui s'observe, non seulement chez certaines roches éruptives anciennes, mais encore dans les coulées contemporaines, est due au refroidissement. Il est également certain que la dessiccation peut produire des divisions à peu près semblables, l'expérience et l'observation s'accordent pour le démontrer, mais ces divisions n'ont rien de commun avec les diaclases auxquelles elles ne ressemblent ni par leur disposition ni par leur origine. Il suffit pour s'en convaincre de jeter un regard sur l'allure des diaclases dans différents pays et l'on arrive de suite à la conclusion qu'une énergique action mécanique a seule pu provoquer un système semblable.

M. Daubrée résume ainsi les arguments qui plaident en faveur de cette manière de voir.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 5. Fig. 3. Fig. 4.

Diaclases produites par torsion dans des plaques de verre et de faïence, par MM. L. Duparc et A. Le Royer.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 6.

Fig. 10.

Fig 9.

Fig. 11.

Thévoz et Cie, Genève. — Phototypie.

1° Dans certaines localités la déformation quelquefois considérable des fossiles des couches est intimement liée à la présence des joints.

2° Ces derniers peuvent recouvrir une étendue de pays considérable sans changer sensiblement leur direction, et bien que les cassures puissent paraître complexes en certains endroits, il y a deux directions principales qui prédominent, fait qui n'aurait pas lieu dans l'hypothèse du retrait ou de la dessiccation.

3° Les joints passent d'un milieu dans un autre pétrographiquement différent sans éprouver de déviation sensible. Si le milieu n'est pas homogène, les différents matériaux qui se trouvent sur la route du joint sont coupés sans souci de leur résistance respective et la direction initiale ne sera pas modifiée.

L'action dynamique étant admise en principe, Daubrée chercha parmi toutes les actions mécaniques qui se produisent dans la nature celles qui prennent naissance le plus fréquemment et trouva comme résultat : le ploiement, la pression et la torsion. Il expérimenta successivement ces différentes forces avec des résultats divers. En ce qui concerne les diaclases, c'est principalement la torsion qui donna les résultats les plus favorables et les plus rapprochés de l'observation.

Daubrée expérimentait de la façon suivante :

Son appareil consistait en un étau formé par deux mâchoires de bois entre lesquelles il pinçait par son petit côté une plaque de verre rectangulaire de 80-90 cent. de long, 35-120 millim. de large et 7 millim. d'épaisseur, l'autre extrémité de la plaque était serrée dans un tourne à gauche. Il évitait les contacts trop brusques en effectuant le serrage par l'intermédiaire de pièces de carton. La tor-

sion était imprimée en faisant mouvoir le tourne à gauche sur son axe jusqu'au moment de la rupture. Il retenait les éclats en collant sur les deux faces de la plaque des bandes de papier. En résumé, il démontre que :

I. La torsion fait toujours naître deux systèmes principaux de cassures faisant réseau, obliques sur l'axe, se coupant sous des angles de 90° à peu près ; la valeur de l'angle semblant dépendre des côtés de la plaque.

II. L'inclinaison des fractures sur le plan varie : souvent un certain nombre de cassures sont non seulement parallèles sur le plan de la plaque, mais ont sur ce dernier une inclinaison égale. Fréquemment ces fractures sont des surfaces gauches.

III. Les nœuds du réseau tendent à se répartir sur des droites parallèles au grand côté de la plaque.

IV. Les deux systèmes conjugués sont accompagnés de fractures en éventail qui se coupent sous des angles peu ouverts et naissent en un seul point.

V. De minces fêlures s'adjoignent aux fractures principales ; elles sont très régulières, souvent parallèles et restent dans l'intérieur. Ces fêlures sont les indices d'une sorte de clivage constaté par le choc.

Comme nous avons pensé que ces expériences de Daubrée pouvaient servir à expliquer certains faits dont nous nous proposons de faire l'étude ultérieurement, il nous a paru qu'il y aurait peut-être quelque intérêt à les répéter en évitant autant que faire se peut certaines objections dont elles ne sont pas exemptes. Nous avons également cherché à les compléter par quelques résultats nouveaux.

L'appareil dont nous nous sommes servis se compose d'un banc de tour.

La poupée mobile remplacée par un fer en U portant 5 vis de pression de chaque côté permettant de serrer la plaque : soit par tout son côté au moyen de fers plats et de bandes de bois, soit par points.

L'autre extrémité de la plaque est portée par un support à plateau horizontal pouvant se mouvoir sur le banc de tour, et maintenue par des vis de pression, le serrage est exercé comme pour la poupée mobile sur tout le côté de la plaque ou par points.

Le serrage était toujours fait par l'intermédiaire de bois directement en contact avec la plaque, ce qui en évite la casse prématurée pendant la fixation.

Faisant varier la hauteur du support et agissant sur les vis du fer en U, la plaque est disposée de manière à ce qu'elle continue l'axe de torsion, précaution qui ne pouvait être prise dans l'appareil de M. Daubrée.

La rotation est donnée à l'arbre du tour portant le fer en U au moyen d'un levier calé sur cet arbre.

Pour exercer une torsion lente, le levier est relié par une cordelette à un écrou mobile se mouvant sur une vis.

Faisant tourner la vis au moyen d'une manivelle, la traction du levier peut ainsi se faire aussi lentement qu'on le désire.

L'arbre du tour porte aussi une roue dentée pouvant s'engrener à volonté sur un pignon.

Sur l'arbre du pignon est calé un deuxième levier, même dispositif que pour le levier précédemment décrit.

L'augmentation de force due au pignon permettait d'exercer des actions de torsion plus énergiques et de briser des matériaux beaucoup plus résistants.

1. Désirant tout d'abord vérifier dans quelles limites le phénomène des cassures régulières reste constant, nous avons soumis à la torsion une succession de plaques d'un même verre de 15 centimètres de large sur 40 de long et 2 $\frac{1}{2}$ à 3 millimètres d'épaisseur. La torsion y était toujours imprimée de la même façon, c'est-à-dire brusquement. Nous avons obtenu d'une manière permanente les deux systèmes conjugués prédominants dont les principales cassures s'étendaient d'un grand côté de la plaque à l'autre et la traversaient dans toute son épaisseur. Le nombre de ces cassures principales peut varier d'une plaque à l'autre, mais il n'y a jamais de différences très considérables, surtout si leur épaisseur est constante (Pl. III, fig. 1 et 2). Les deux systèmes conjugués, toujours obliques sur l'axe de torsion, se coupent sous des angles dont la valeur déduite d'un grand nombre d'observations est de 80-90° à peu près; ces systèmes principaux sont accompagnés dans tous les cas de fractures de moindre importance liées au parallélisme général. Ces dernières ne s'étendent pas d'un bord à l'autre, elles restent plutôt dans l'intérieur de la plaque, mais dans cette série d'expériences la traversent dans toute son épaisseur. Les systèmes principaux sont rarement des lignes rigoureusement droites, dans la plupart des cas ils s'infléchissent tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, mais faiblement; tandis que l'un des deux peut traverser la plaque sans arrêts, le conjugué, au contraire, est à son contact avec le premier rejeté latéralement à droite ou à gauche (fig. 3). Cette disposition peut manquer; d'autres fois, tandis que l'un des systèmes est ininterrompu dans la partie antérieure, il devient tronçonné dans la partie opposée.

Les parallélipipèdes découpés par le réseau sont de dimensions très variables dans une même plaque, les plus grands nous paraissent se répartir généralement dans le milieu, les plus petits aux extrémités (fig. 2).

La plupart des fractures sont inclinées sur le plan de la plaque; quelques-unes rares toutefois sont perpendiculaires; les surfaces gauches abondent.

Les fissures en éventail dont parle M. Daubrée sont un phénomène absolument constant pour le verre et qui se retrouve sur toutes les plaques de cette série, mais à des degrés divers. Les rayons partent d'un point situé le plus souvent à proximité d'un des bords; on en rencontre cependant dont l'origine est dans l'intérieur, ce qui du reste est plus rare. Les rayons en sont soit droits, soit légèrement incurvés à leur approche d'un des côtés (fig. 3). Outre ces éventails, on observe une succession de fractures de petite dimension parallèles entre elles et qui se groupent sur l'un des systèmes comme les barbes d'une plume. Elles prennent naissance à l'intersection de deux fractures principales (fig. 1 et 3); leur nombre est très variable selon les plaques.

Les fêlures que Daubrée trouvait toujours dans ses expériences manquent ou sont rares dans cette série. Nous en donnerons l'explication plus loin.

2. Nous avons ensuite vérifié si le mode de fixation influençait les résultats généraux. A cet effet, nous opérons sur une plaque identique comme surface et épaisseur à celles qui servirent dans la précédente vérification, puis nous la fixons d'un côté en un seul point choisi sur l'axe de torsion et pris à l'intérieur, et de l'autre, sur toute l'étendue du plus petit bord. L'axe de torsion est parallèle au grand côté de la plaque (fig. 4).

Après la torsion, le réseau régulier est obtenu comme précédemment, seulement sur plusieurs expériences comparatives, le nombre des cassures se montre restreint et le réseau formé par conséquent par quelques larges mailles seulement; les angles en sont de 84° en moyenne. En arrière de l'un des points de fixation, il s'est formé toute une série de fractures rayonnant autour de ce point et s'incurvant légèrement à proximité de l'extrémité; ce genre de cassures nous paraît lié à ce mode de fixation.

Si l'on attache la plaque sur le grand côté du rectangle, le phénomène ne change pas, comme nous l'avons vérifié.

Il semble résulter de ce qui vient d'être dit, que le mode de fixation n'a pas d'influence sur la régularité du phénomène, si ce n'est peut-être sur le nombre des cassures.

3. Influence du contour de la plaque.

Dans ses expériences, M. Daubrée ne dit pas s'être servi d'autres plaques que de rectangulaires; et il serait permis de supposer, *à priori*, que la régularité apparente du système de fractures n'était en réalité que la conséquence de cette forme particulière. Pour vérifier ce qui en est, nous avons brisé par torsion des plaques de différents contours.

En premier lieu, nous avons expérimenté sur des rectangles dont les grands côtés avaient été fortement incurvés sur presque toute leur longueur, la convexité étant dirigée contre l'axe de torsion. Avec cette disposition, nous obtenons toujours les cassures orientées comme d'habitude, les unes partant du petit côté de la plaque ou de la portion du grand côté restée rectangulaire, les au-

tres ayant leur origine placée sur les bords de la concavité et qui n'en sont pas moins parallèles avec les premières (fig. 5).

Les plaques présentent également des éventails dont le centre se trouve sur la concavité. L'une d'entre elles offre la disposition curieuse de deux de ces éventails opposés par le sommet. Si à cette forme particulière, on substitue un contour quelconque, le système conjugué restera toujours constant; cependant il peut arriver quelquefois que la rupture s'effectue sur une seule ligne. Ce fait s'est produit pour plusieurs plaques auxquelles on avait fait façonner un contour des plus accidentés en détachant certaines portions au moyen du diamant. Mais ceci n'infirme en rien les résultats généraux; ces uniques fractures devant être rattachées simplement à des fissures déjà préexistantes qui se sont développées au moment où l'on a coupé le verre, car l'expérience répétée avec le premier morceau de vitre venu, quelle que soit sa forme, donne toujours le système déjà connu.

Il nous semble donc évident que d'une manière générale un contour quelconque n'influence pas les résultats. Il faut néanmoins faire des restrictions pour deux cas, qui, sans avoir donné des résultats négatifs, n'en sont pas moins peu concluants. Ce sont les cercles et les ellipses.

Nous avons fait subir la torsion à des plaques elliptiques et à des cercles découpés dans du verre et présentant des épaisseurs variables.

Les ellipses avaient 40 cm. de grand axe sur 21 à 26 cm. de petit axe, les cercles 45 à 22 cm. de diamètre. Pour que la fixation s'opérât sur une certaine étendue, on avait fait abattre une des extrémités de l'ellipse ou un segment du cercle par un trait de diamant.

Avec les plaques elliptiques, dans les cas heureux on obtenait seulement deux grandes ruptures presque perpendiculaires et inclinées sur l'axe, sur un de ces exemplaires l'une de ces fractures s'incurvait légèrement à son approche du bord de la surface. Du pied de l'une des cassures principales partait un seul éventail à trois rayons; l'un de ces derniers s'arrêtait dans l'intérieur de la plaque ; les autres se prolongeaient jusqu'au bord ; l'un des deux y est fortement incurvé à son approche. Dans l'évantail, on remarquait deux fractures plus ou moins parallèles à l'un des systèmes conjugués.

Avec des cercles de 45 cm. de diamètre et de 2 mm. d'épaisseur, nous obtînmes une seule fois deux ruptures diamétrales se coupant sous des angles de 82° et inclinées sur l'axe. D'autres essais donnèrent toujours un seul évantail prenant naissance sur le pourtour du cercle et dont les nombreux rayons le traversaient diamétralement pour la plupart. Le système conjugué n'était indiqué que par deux fissures tronçonnées réunissant trois des rayons dans leur partie postérieure. Tout près de l'origine, il y avait encore deux très petites fissures parallèles avec les premières.

La même expérience répétée sur des cercles de rayon demi et plus épais donna un résultat analogue.

4. Influence des dimensions.

Pour l'étudier, nous prenons une série de plaques de même épaisseur (2 mm.) faites du même verre et de dimensions suivantes :

40 cm. de long sur 15 de large; puis 40 sur 7 $\frac{1}{2}$ (fig. 6); 20 sur 15 et 20 sur 7 $\frac{1}{2}$ (fig. 7).

Rien n'est changé à ce qui a été dit; nous remarquons

seulement que la plaque 40 sur 15 présente le plus de cassures, vient ensuite 20 sur 15, puis 40 sur 7 $\frac{1}{2}$, avec des fractures régulières mais moins nombreuses, et enfin 20 sur 7 $\frac{1}{2}$ où leur nombre se réduit à 4 seulement. La moyenne de plusieurs mesures d'angles effectuées sur chaque plaque donne : pour 40 sur 15, 84°; pour 20 sur 15, 82°; pour 40 sur 7, 87°; pour 20 sur 7, 85°.

Ces chiffres prouvent, comme on le voit, que les dimensions influencent peu la valeur des angles du réseau. Un autre fait intéressant est que dans les plaques 40 sur 7 $\frac{1}{2}$ et 20 sur 7 $\frac{1}{2}$, il n'y a pas d'évantails ou du moins ils sont rudimentaires, tandis qu'ils se retrouvent dans 20 sur 15.

4. Influence de l'épaisseur des plaques.

On pourrait la déduire immédiatement en considérant nos figures obtenues avec des épaisseurs ne dépassant pas 2-3 mm., et en les comparant avec celles de Daubrée, qui opérait avec des plaques beaucoup plus épaisses. Cependant nous avons soumis à la torsion des plaques de 4 à 6 $\frac{1}{2}$ mm. d'épaisseur et de surfaces diverses (fig. 8 et 9). Bien que la régularité du phénomène soit constante, elle paraît moindre qu'avec les glaces minces, comme on s'en convaincra par l'examen comparatif des figures 2 et 9. En revanche, le nombre des cassures semble plus considérable, la comparaison des figures 9 et 6 qui sont à peu près de même surface, mais dans le rapport de 2 à 6, comme épaisseur, le montre clairement. Ces cassures nous paraissent également plus inclinées que les précédentes sur le plan horizontal, et les évantails prennent un rôle prépondérant. Les fêlures qui manquent ou sont rares dans les expériences qui précè-

dent abondent dans cette série, elles sont surtout placées entre les rayons des éventails. Les fractures en barbe de plume, bien que se retrouvant également, sont plutôt rares.

En résumé, le fait saillant est la décroissance de la régularité et la prépondérance des éventails.

5. Influence du mode de torsion.

On peut la considérer comme nulle. Des mêmes plaques brisées par torsion brusque ou par torsion lente ne paraissent pas donner de résultats différents, si ce n'est peut-être quant au nombre des cassures et encore cela n'est pas certain.

6. Action de la nature du milieu.

Les expériences qui précèdent, de même que presque toutes celles de Daubrée, ont porté exclusivement sur le verre qui, grâce à son exceptionnelle élasticité, se trouvait placé dans des conditions spéciales. Il importait de rechercher quelles pouvaient être les variations du phénomène général dans des milieux moins élastiques. Dans ce but, nous avons fait confectionner plusieurs plaques de différentes terres, cuites à des degrés divers et de dimensions variables. Avec des plaques de porcelaine dure non vernissée de 19 cm. de large sur 14 de long, on obtenait généralement 4 cassures toutes principales, c'est-à-dire traversant la plaque d'un bord à l'autre et fort régulières. Quelquefois même, certaines d'entre elles étaient absolument rectilignes. Ces fractures se coupaient presque à angle droit et détachaient au sein du milieu un seul grand parallèlipipède incomplet. Elles étaient légèrement inclinées sur l'horizon, quelques-unes présentaient

un rejet latéral identique à ceux décrits précédemment. Avec d'autres plaques d'argile commune de 30 cm. de long sur 10 de large et 6 mm. d'épaisseur, on obtenait également 4 cassures, dont trois principales en tout point semblables aux précédentes (fig. 10). Ce nombre restreint de cassures est évidemment lié à la moindre élasticité du milieu, d'autre part, il peut provenir en partie de quelques porte à faux qui sont inévitables dans le serrage avec ce genre de plaque, car il nous a été impossible d'obtenir des plaques de cette dimension sans que leurs côtés ne fussent voilés. Dans les premières expériences, comme dans les secondes, les cassures en éventail manquaient; ce qui semble prouver que ce genre de phénomène est non seulement lié à l'épaisseur, mais encore au degré d'élasticité du milieu. Dans les plaques de terre cuite, l'angle de torsion était naturellement beaucoup moindre qu'avec le verre.

Une communication privée qui nous a été adressée par une personne ayant assisté à ces expériences et qui les a répétées sur des plaques épaisses de ciment dur, nous affirme avoir obtenu le même résultat que celui qui vient d'être mentionné pour les plaques de terre cuite.

D'autre part, nous avons cherché à répéter ces expériences sur des plaques de roches naturelles; malheureusement, il est difficile de s'en procurer dans le commerce qui soient homogènes, et des essais effectués sur des plaques de marbre blanc sillonné de veines bleuâtres parallèles donnèrent des résultats négatifs, le marbre se cassant toujours selon la direction d'une de ces veines.

Avec des roches schisteuses (ardoises phyllades), le phénomène ne paraît pas pouvoir se produire.

7. Action du relief.

Jusqu'à présent nous n'avons considéré que des plaques plus ou moins homogènes, mais présentant partout la même épaisseur. On pouvait se demander ce qui surviendrait en prenant des milieux dont l'épaisseur varie on divers endroits. C'est ce que nous avons cherché à savoir en opérant de diverses façons.

Si au verre ordinaire on substitue du verre fortement cannelé comme on en rencontre dans le commerce et qu'on le soumette à la torsion, on observe que les réseaux de cassures s'obtiennent comme précédemment et que rien n'est changé, bien que l'épaisseur des cannelures soit souvent forte relativement à l'épaisseur totale. Une plaque de 32 cent. de long sur 23 de large a donné un grand nombre de cassures parfaitement régulières avec absence d'éventails. Pour opérer avec des différences d'épaisseur plus fortes nous avons fait exécuter plusieurs plaques d'argile cuite sur la surface desquelles on avait modelé une succession de reliefs très accentués simulant une série de chaînons parallèles. L'épaisseur des obstacles rapportée à celle de la plaque était de 10 à 6.

Le résultat a été inespéré. Une première plaque nous donna seulement deux cassures, se coupant sous un angle de 82°, inclinées sur l'axe de torsion et semblables aux précédentes. L'une de ces cassures traversait trois des reliefs de part en part sans éprouver la moindre déviation dans sa direction, tandis que la seconde, bien que ne traversant qu'un seul obstacle se poursuivait également en ligne droite. Avec une autre plaque identique on obtint alors quatre cassures la traversant de part en part (fig. 11).

La plus considérable qui recouvrait une grande partie de la plaque coupait en écharpe trois des reliefs sans que

sa direction initiale fût changée ; les trois autres, quoique beaucoup plus petites, étaient également parallèles entre elles.

Cette expérience a été répétée sous d'autres formes, mais nous a toujours donné le même résultat.

On voit donc que le relief n'enraye pas le phénomène et que les obstacles ne semblent pas dévier la direction primitive de la cassure. C'est ce que Daubrée mentionne avoir été observé dans la nature sous une autre forme il est vrai. Cette expérience nous paraît particulièrement importante par les conséquences qu'elle peut avoir.

8. Nous citerons encore une expérience qui, bien que demandant à être reprise n'en présente pas moins des résultats intéressants.

Nous avons pratiqué la torsion dans deux plaques de verre de nature et d'épaisseur différentes que nous réunissons par l'intermédiaire du baume de Canada, nous plaçant ainsi dans le cas de deux milieux différents superposés ; malheureusement l'adhérence du beaume n'a pu être complète. Cependant, malgré l'imperfection du procédé nous avons obtenu dans chaque plaque un système de cassures variables quant au nombre, mais orienté absolument de la même façon dans les deux plaques. Ces fractures parallèles entre elles étaient pour quelques-unes communes aux deux milieux.

Nous espérions obtenir des résultats encore plus nets en prenant deux terres cuites différentes réunies par un émail, mais nous n'avons pas réussi à les faire exécuter jusqu'à présent.

Jetons maintenant un regard d'ensemble sur ce qui a été dit et résumons brièvement ce qui précède.

1. Les deux systèmes conjugués, tels que les décrit Daubrée, inclinés sur l'axe et se coupant sous un angle de 80-90° sont un phénomène constant dans tous les cas. Ils se composent de fractures principales parallèles à deux directions dont le nombre varie et qui dans certains cas peuvent se réduire à deux. Ils sont pour le verre accompagnés de cassures en éventail ou disposées en barbe de plume sur les systèmes principaux, ainsi que les fractures moins importantes orientées par les systèmes conjugués.

2. Le phénomène énoncé semble indépendant du contour avec lequel on opère ainsi que du mode de fixation et de la manière dont la torsion est imprimée.

3. L'épaisseur paraît (dans un même milieu) augmenter le nombre des fractures, mais diminuer leur régularité. Les cassures en éventail prennent avec de fortes épaisseurs un rôle prépondérant. Les fêlures sont également plus abondantes dans les plaques épaisses.

4. Le phénomène, quant à sa direction, n'est pas influencé par la nature du milieu. Il semble seulement que le nombre de cassures croît avec l'élasticité. La présence des éventails paraît également dépendre de ce facteur.

5. Sur les reliefs expérimentés, il n'y a pas d'action perturbatrice sur l'orientation générale. Les fractures passent au travers des obstacles sans éprouver de déviation.

Ces expériences n'ont nullement la prétention d'être complètes. Il y aurait une foule de points nouveaux à étudier, entre autres celui de savoir si les deux systèmes de cassures sont simultanés.

Nous avons à vrai dire cherché à résoudre la question en déclanchant par un procédé électrique un obturateur rapide

au moment même où s'effectuait la cassure, mais une épreuve instantanée et postérieure d'une même plaque n'a pas donné de différence, notre procédé n'étant vraisemblablement pas assez rapide.

Il y aurait également de l'intérêt à expérimenter sur une plaque déjà cassée, mais dont les fragments auraient été réunis de nouveau au moyen d'une substance intermédiaire comme c'est le cas dans certains joints naturels remplis puis recassés ensuite, mais les conditions expérimentales sont souvent difficiles et il faut de nombreux tâtonnements et beaucoup d'expériences comparatives pour arriver à un résultat définitif. Nous espérons cependant étendre ces expériences dans la suite, mais nous voudrions surtout démontrer auparavant que dans la nature il y a une série de phénomènes qui peuvent s'expliquer par les expériences de M. Daubrée. La torsion, en maints endroits est évidente, elle a été signalée dans des cas nombreux et variés, c'est du reste une force qui peut prendre très facilement naissance ; il reste seulement à démontrer qu'elle engendre des cassures qui peuvent entrer dans l'ordre de celles dont il vient d'être question. C'est ce que nous nous proposons d'étudier dans la suite.

Genève, octobre 1889.

Nota. Sur la planche, par un effet d'éclairage qui n'a pu être évité, l'un des systèmes paraît beaucoup plus accentué que l'autre, ce qui en réalité n'a pas lieu.

RECHERCHES

SUR LES

FERMENTS DIGESTIFS

PAR

Catherine SCHIPILOFF

(Suite et fin.)

CHAPITRE II

Action de la pepsine sur les divers ferments digestifs de l'organisme.

Influence de la bile sur ces ferments.

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, que la pepsine exerce une action destructive sur un grand nombre de ferments solubles, d'origine animale ou végétale ; comment se comportera-t-elle vis-à-vis des divers ferments digestifs de l'organisme avec lesquels elle peut se trouver en contact pendant le cours de la digestion ?

Pour résoudre cette question, il faut se servir autant que possible de ferments provenant d'animaux de la même espèce, afin de se rapprocher des conditions normales de la digestion dans l'organisme vivant. L'animal

le plus commode pour ce genre de recherches est le porc, car il est toujours facile de ce procurer les divers organes du même individu ou d'individus semblables et vivant dans les mêmes conditions. On peut avoir sous la main des infusions toujours fraîches, ce qui est important, car quelques-uns des ferments digestifs se conservent difficilement et perdent après quelques semaines leur activité; tels sont, par exemple, le ferment diastatique et le ferment inversif.

Dans cette étude une attention toute spéciale devra être accordée à l'action de la bile sur les divers ferments digestifs, car la bile se trouve constamment mêlée au chyme depuis le moment de sa sortie de l'estomac, et quelquefois même dans l'intérieur de l'estomac.

N'ayant pas eu d'animaux à fistule à ma disposition, j'ai fait toutes mes expériences en me servant d'extraits glycériques des divers ferments.

Quels sont les ferments digestifs avec lesquels la pepsine arrive en contact pendant l'acte de la digestion?

Le premier ferment avec lequel se trouve en contact la pepsine, est le labferment, sécrété en même temps que la pepsine par l'estomac.

En second lieu il faut mentionner le ferment diastatique salivaire. Le bol alimentaire, en descendant de la bouche à l'estomac, est acompagné d'une grande quantité de salive, dont il est entièrement imbibé pendant la mastication.

Enfin, sans sortir de l'estomac, le suc gastrique se trouve quelquefois mélangé de bile, laquelle, en refluant vers l'estomac, doit entraîner avec elle le liquide sécrété par les glandes de Brunner, et occasionnellement peut-être aussi un peu de suc pancréatique.

Mais ces reflux de la bile vers l'estomac sont rares et c'est au sortir de l'estomac que le suc gastrique se mélange, d'abord au suc des glandes de Brunner, ensuite il s'imprègne de bile et alors reçoit le suc pancréatique.

Puis, continuant sa marche le long de l'intestin il rencontrera le suc intestinal.

Les ferments ne peuvent agir qu'à la condition de se trouver dans un milieu à réaction convenable.

Quelles sont les réactions du chyme dans ces diverses parties de son parcours ?

Le chyme stomacal est toujours acide; c'est du moins sa réaction normale. La pepsine doit donc y avoir une grande activité. Au sortir de l'estomac cette acidité diminue beaucoup par suite du mélange du chyme stomacal avec la bile et le suc pancréatique, et la réaction devient bientôt franchement alcaline. Mais ce changement de réaction ne se fait pas très brusquement, et le chyme conserve parfois une légère réaction acide un peu audessous de l'orifice du canal pancréatique, et ne devient alcalin qu'un peu plus loin dans l'intestin.

Dans la première moitié de l'intestin, le mélange formé de suc gastrique avec le suc pancréatique, la bile et le suc intestinal, montre une réaction alcaline, mais ensuite cette réaction change de nouveau, et dans la seconde moitié de l'intestin le chyme redevient quelquefois acide. Il est facile de constater cette réaction acide du suc intestinal, au moyen d'une fistule intestinale.

Quel est cet acide ? la question n'est pas décidée. En partie cette acidité est due aux acides gras libres, et aussi à la présence de l'acide lactique.

La pepsine, au sortir de l'estomac, pourrait donc, si la réaction du milieu est convenable, continuer à exercer

son action, à moins que quelque condition nouvelle ne vienne l'empêcher d'agir.

Les réactions du chyme que je viens de donner me paraissent les plus normales, mais elles ne sont pas admises par tous les auteurs. Les expériences sur les chiens à fistules ayant donné des résultats différents, selon les observateurs. Cela tient aux différences dans l'alimentation des animaux.

Je commencerai l'étude par les deux premiers ferments que la pepsine rencontre dans l'estomac même, ce sont le ferment diastatique de la salive et le labferment ; et je continuerai par tous les autres ferments digestifs dans l'ordre même ou ils se présentent à la rencontre du chyme stomacal dans le cours de la digestion.

Ferment salivaire (Ptyaline).

Pour faire les expériences sur le ferment diastatique, contenu dans la salive, il faut toujours avoir de la salive fraîche à sa disposition ; cela est impossible à réaliser pour la salive de porc, par conséquent j'ai dû faire les expériences en me servant d'une autre salive. Comme je n'avais pas de chien à fistule salivaire à ma disposition, j'ai simplement recueilli ma propre salive, qu'il est facile de faire couler en abondance si on respire de temps en temps un peu d'éther. Je filtrais à travers plusieurs doubles de papier, et j'obtenais ainsi un liquide transparent et très actif ; il ne peut pas se garder plus d'un jour et il faut toujours en avoir de frais pour les expériences.

La salive a une réaction légèrement alcaline, c'est aussi la réaction la plus convenable pour le ferment diastatique salivaire.

La transformation de l'amidon cuit en sucre, sous l'influence de la diastase salivaire, peut être facilement constatée par toutes les réactions que j'ai déjà énumérées en parlant de la diastase de l'orge germée; l'action sur l'amidon de ces diverses diastases étant exactement la même, les mêmes réactions doivent être employées.

Comme préparation peptique j'ai surtout fait usage d'infusions préparées par moi-même en macérant la muqueuse de l'estomac du porc, bien lavée et finement hachée dans un mélange de glycérine et d'eau, convenablement acidulé, ainsi que je l'ai déjà décrit plus haut; mais j'ai aussi répété ces expériences avec l'extrait glycérique de Grübler, lequel, étant aussi préparé avec un estomac de porc, peut servir très bien. Je préfère cependant les infusions de pepsine fraîchement préparées; elles sont plus actives.

Il faut toujours avoir soin de vérifier que l'infusion peptique ne présente pas par elle-même d'action diastatique sur l'amidon cuit; cela arrive très rarement, il est vrai, car la pepsine par elle-même n'a aucune influence saccharifiante, mais cependant j'ai eu un ou deux exemples d'infusion peptique très fraîche et où cette action, bien que très faible, était cependant manifeste, due probablement à la présence d'une petite quantité de salive restée adhérente à la muqueuse stomacale, et qui provenait, peut-être, de quelques mouvements de déglutition faits par l'animal au moment de la mort.

Il est important de ne pas négliger tous ces essais préliminaires sur les différentes infusions de ferments, car tout ces extraits peuvent contenir une foule d'autres substances étrangères qui peuvent fausser les résultats, soit en exerçant une action secondaire, soit en donnant

lieu à des réactions chimiques, analogues à celles qui devront servir à déceler l'action du ferment étudié ; on ne saurait apporter trop de soin dans ces expériences, et chaque réaction chimique devra être essayée avant et après l'expérience.

Comme le ferment diastatique salivaire a une action très uniforme dans les différents animaux, chien, porc, etc., il est peu important de ne pas avoir dans les expériences actuelles de la salive de porc, elle peut être remplacée par toute autre salive sans inconvénient.

Action de la pepsine.

Il faut faire l'expérience en deux temps : d'abord on fait agir la pepsine sur la salive en réaction acide convenable à l'action de la pepsine, puis, au bout de quelques moments, on alcalinise légèrement ces liquides et on y ajoute une solution d'amidon bouilli. On voit alors que les portions qui contenaient la pepsine active, laissent l'amidon intact, tandis que celles où la pepsine était d'abord tuée par l'ébullition transforment rapidement l'amidon en sucre.

La bile et la salsepareille n'agissant pas sur le ferment salivaire d'une façon défavorable, peuvent être employées dans les expériences avec la pepsine et on voit celle-ci rester inactive en leur présence. Ajoutées au liquide qui contient la pepsine et la salive, elles empêchent la pepsine d'exercer une action destructive sur la salive, et ce liquide conserve ses propriétés saccharifiantes sur l'amidon, aussi bien que s'il contenait de la pepsine tuée par l'ébullition.

Donc, la pepsine détruit le ferment diastatique contenu dans la salive.

Labferment (Présure).

Action de la pepsine sur ce ferment.

Je me sers d'une préparation allemande de ce ferment, qui est sous forme de poudre[1]. Cette préparation est excessivement active. Il suffit de dissoudre une minime quantité de cette poudre dans un peu d'eau, et cette eau, ajoutée par gouttes à du lait, coagule un volume de lait considérable, une goutte suffit pour coaguler 10 ou 15 cent. cubes de lait après quelques minutes.

Le labferment agit dans les trois réactions, et, bien que la réaction acide fut la plus favorable, cependant en réaction neutre il agit très vite aussi, et même une très faible alcalinité est assez bien tolérée, et l'action du labferment, quoique retardée, se fait très bien; mais, si l'alcalinité dépasse un certain degré, le retard peut devenir très grand et, finalement, l'action du ferment est empêchée totalement.

Dans les expériences sur l'action de la pepsine sur le labferment, il est impossible de faire agir simultanément les deux ferments, car l'action du labferment sur le lait étant très rapide, la coagulation a lieu avant que la pepsine puisse montrer son action.

Il faut faire l'expérience en deux temps : d'abord préparer un liquide contenant les deux ferments ; ce liquide doit avoir une réaction acide. On le laisse reposer à une température de 38° pendant un temps convenable, et on ajoute quelques gouttes de ce liquide légèrement alcalinisé à un certain volume de lait ; la réaction du mélange doit être très faiblement alcaline, le labferment peut alors agir très bien, tandis que l'action de la pepsine est annu-

[1] Préparation de Witte.

lée. On voit alors que le lait qui contient la pepsine active ne se coagule pas, tandis que celui qui contient la pepsine préalablement tuée par l'ébullition se coagule normalement au bout de quelques minutes à une douce chaleur.

Comme le labferment est réfractaire à l'action de la salsepareille et de la bile, on peut employer ces deux substances pour se servir comme moyen de contrôle au lieu de tuer la pepsine par l'ébullition.

En ajoutant la bile ou la salsepareille au liquide qui contient les deux ferments : pepsine et labferment, l'action de la pepsine est annulée et le labferment garde toute son activité. Ce liquide ajouté à du lait le coagule très bien.

Pour démontrer que la coagulation du lait est en effet due à la présence du labferment resté actif, on peut faire la réaction suivante: au lait coagulé on ajoute un égal volume d'alcool à 50° et on fait bouillir ; on filtre à chaud. Après refroidissement le liquide filtré ne doit pas déposer de précipité si la coagulation était due à l'action du labferment ; si au contraire ce n'était qu'une simple précipitation de la caséine, sous l'influence de l'acidité par exemple, ou de toute autre cause chimique, le liquide filtré dépose par refroidissement un précipité floconneux blanc, c'est une substance protalbique du lait, qui, n'ayant pas subi l'action du labferment garde ses propriétés d'être soluble dans l'alcool à chaud, mais non à froid.

Il faut noter que, bien que la destruction du labferment par la pepsine soit complète, cependant pour l'obtenir il faut observer certaines proportions dans les quantités des deux ferments ; car, si la pepsine est en quantité

insuffisante, elle ne fait que diminuer de beaucoup l'activité du labferment, mais sans le tuer complètement. *Le labferment se montre assez réfractaire* à l'action de la pepsine, plus réfractaire que les autres ferments étudiés dans ce chapitre.

La pepsine le détruit cependant.

Suc des glandes de Brunner.

Les physiologistes ne sont pas tout à fait d'accord sur les propriétés du ferment sécrété par les glandes de Brunner, cependant la plupart admettent que ce liquide contient un ferment peptonisant. (Grützner).

Pour me procurer ce ferment, j'ai macéré la muqueuse du duodénum de porc comprise entre le canal cholédoque et le pylore, y compris l'anneau pylorique. L'animal avait été tué à la cinquième heure de la digestion, l'estomac et l'intestin contenaient beaucoup de nourriture.

Cette muqueuse, d'abord bien lavée à grande eau, était ensuite séparée par le raclage de la tunique musculaire de l'intestin, réduite en fine bouillie par trituration et mélangée avec un liquide composé de deux volumes d'eau distillée et d'un volume de glycérine; le mélange était acidulé par un peu d'HCl, mais de façon que la réaction fut très faiblement acide, et abandonné pendant deux jours à la température de 38°. On passe ensuite la masse très gluante à travers la mousseline, puis on filtre sur du papier. On obtient alors un liquide extrêmement gluant et filant, mais qui filtre assez bien; il est limpide et presque incolore, à peine jaunâtre.

Ce liquide était conservé dans un flacon bien bouché et avec une goutte d'éther à sa surface.

Quelles sont ses propriétés ?

J'ai fait de nombreux essais avec ce liquide sur l'amidon cuit, en variant les réactions, mais jamais je n'ai pu constater la moindre action saccharifiante.

Essayé sur la fibrine, ce liquide montre une propriété peptonisante énergique, son action est tout à fait analogue à celle de la pepsine et a lieu en réaction acide; l'acide chlorhydrique s'est montré le plus favorable, comme pour la pepsine ; la moindre alcalinité empêche totalement son action.

Ce ferment serait-il de la pepsine ? Je l'ai cru d'abord par suite de l'analogie d'action des deux ferments; cependant le ferment des glandes de Brunner paraît agir un peu plus lentement que la pepsine. Mais j'ai bientôt reconnu qu'il existe entre ces deux ferments des différences essentielles. En effet, la bile et la salsepareille qui exercent une action si funeste sur la pepsine, restent sans action vis-à-vis de la sécrétion des glandes de Brunner, pourtant elles ne doivent pas être ajoutées en quantité suffisante pour empêcher le gonflement de la fibrine, car alors on voit un grand retard dans la peptonisation, et si tout gonflement est entièrement empêché l'action du ferment cesse.

On pourrait croire que cette action peptonisante qui s'effectue même en présence de la bile, pourrait tenir à une petite quantité de pancréatine venant de l'intestin, mais l'objection est facile à écarter, car cette infusion devrait alors se montrer surtout active en réaction alcaline, or nous avons vu que cette réaction lui est au contraire funeste.

C'est donc un ferment spécial dont l'action ressemble à celle de la pepsine. Ce ferment se conserve moins bien

que la pepsine en infusion glycérique acide, au bout de quelques mois ces infusions perdent leur activité, une réaction acide trop forte se montre surtout nuisible; il vaut mieux leur donner une réaction très faiblement acide aprés qu'elles ont été filtrées et les conserver dans des flacons bouchés en y ajoutant une goutte d'éther.

Il ne peut naturellement pas être question d'antagonisme entre le ferment des glandes de Brunner et la pepsine; leurs actions s'ajoutent dans les liquides qui les contiennent tous deux et la digestion se fait beaucoup plus vite grâce à leur action combinée.

Voici quelques chiffres à l'appui.

Je prends huit portions de liquides:

Les portions I et II contiennent 10 c.c. d'eau distillée acidulée par l'HCl. à 1 pour 1000, 2 c.c. de solution de pepsine de porc fraiche et 2 c.c. de l'infusion des glandes de Brunner fraîche.

Les portions III et IV contiennent le même volume d'eau acidulée et la même quantité de pepsine; mais le liquide des glandes de Brunner a été préalablement bouilli (2 c.c.).

Les portions V et VI ne contiennent que l'eau acidulée et la pepsine active.

Les portions VII et VIII ne contiennent que l'eau acidulée toujours en égal volume, et 2 c.c. de liquide des glandes de Brunner actif.

A chaque portion on ajoute un filament de fibrine et on chauffe toutes les portions à 38°.

Les portions I et II digèrent leur filament de fibrine au bout de 17—18 minutes.

Les portions III et IV digèrent leur filament au bout de 35 minutes.

Les portions V et VI au bout de 30 minutes.

Les portions VII et VIII au bout de 40 minutes.

Nous voyons par ces chiffres que la pepsine additionnée du suc des glandes de Brunner actif digère beaucoup plus vite que si elle était seule, tandis que additionnée du même liquide mais où le ferment a été tué par ébullition elle digère un peu moins vite que si elle était seule.

Ce petit retard est probablement dû à la présence des sels que contient le liquide des glandes de Brunner.

On peut noter aussi que le liquide des glandes de Brunner digère la fibrine un peu moins vite que l'infusion peptique, mais, ainsi que je l'ai déjà dit, il est très difficile de comparer l'activité des infusions entre elles, car leur richesse en ferments est variable.

Une quantité plus grande du liquide des glandes de Brunner ajoutée à la pepsine accélèrera encore davantage la digestion ainsi que le montrent les chiffres suivants.

Portions I, II, III et IV. Elles contiennent chacune 15 c.c. d'eau acidulée, 2c.c. de solution de pepsine et 4 c.c. de liquide des glandes de Brunner.

Portions V, VI, VII et VIII. Chacune d'elles contient la même quantité d'eau acidulée et la même quantité d'infusion des deux ferments que les portions précédentes, mais le ferment contenu dans le liquide des glandes de Brunner a d'abord été tué par l'ébullition. Les filaments de fibrine sont choisis bien pareils.

Les quatre premières parties de liquide digèrent leurs filaments de fibrine au bout de 15 minutes, tandis que les quatre portions suivantes ne les digèrent qu'au bout de 40 minutes.

La différence est très notable.

J'ai donné ces quelques détails parce que la question de l'activité peptonisante du liquide des glandes de Brunner a été bien controversée, et l'influence de ce liquide sur la pepsine a été discutée aussi.

Le ferment des glandes de Brunner se distingue encore par une autre particularité de la pepsine : tandis que la pepsine agit d'une manière destructive sur les différents ferments, ainsi que nous l'avons vu, le ferment. des glandes de Brunner n'exerce sur les autres ferments aucune action ; je le démontrerai dans mes expériences sur les ferments digestifs, et en traitant chaque ferment je vais indiquer l'action qu'exercent sur lui la pepsine et le suc des glandes de Brunner. Je dirai seulement ici que la salive digérée avec le suc des glandes de Brunner n'est nullement détruite, et les portions de liquide qui contiennent l'une le ferment actif, l'autre le ferment tué par l'ébullition, se comportent de même vis-à-vis de la solution de l'amidon cuit.

Le ferment salivaire est resté aussi actif dans l'un que dans l'autre. Du reste, dans les conditions normales de la digestion, le liquide des glandes de Brunner ne vient que rarement en contact avc le ferment salivaire et seulement dans le cas d'un reflux de chyme de l'intestin vers l'estomac ; cela arrive rarement. Normalement le suc des glandes de Brunner ne pénètre pas dans l'estomac, lequel ne contient pas de bile non plus.

Plusieurs fois les physiologistes ont observé que le chyme stomacal, même mélangé de bile, conserve cependant une certaine activité digestive et peptonisante. Ce fait a encore été noté dernièrement par le prof. A. Herzen dans son travail sur la physiologie de la digestion.

L'explication de ce fait est tout à fait naturelle et la

contradiction n'est qu'apparente. Ce n'est pas la pepsine qui agit dans ce cas, son action est annulée par la présence de la bile ainsi que nous l'avons amplement démontré plus haut ; mais l'action peptonisante du suc gastrique est due dans ces cas à la présence dans l'estomac du liquide sécrété par les glandes de Brunner, lequel se trouvant dans le duodénum entre l'orifice du canal cholédoque et le pylore, est entraîné vers l'estomac par le reflux de liquide bilieux.

Par suite de l'analogie d'action de la pepsine et du suc des glandes de Brunner, ces deux ferments ont été confondus. C'est au liquide des glandes de Brunner seul, que l'action peptique du chyme stomacal, mélangé de bile dans l'estomac, doit être attribuée.

Après avoir traversé le duodénum et s'être chargé du suc des glandes de Brunner, le suc gastrique continue son chemin dans l'intestin, et en passant devant les orifices du canal cholédoque et du canal excréteur de la glande du pancréas, il se charge de bile et de suc pancréatique.

Étudions l'action de la pepsine sur le suc pancréatique.

Suc pancréatique.

Le suc pancréatique est un mélange de trois ferments : le ferment des substances albumineuses, le ferment diastatique et le ferment des graisses.

Dans mes expériences je me suis servi le plus souvent d'infusions de la glande de pancréas de porc, que j'ai préparées moi-même. Elles doivent être fraîches car elles ne se gardent pas très longtemps. Le ferment diastatique perd bien vite son activité.

Mais si l'on veut avoir l'action sur l'albumine seulement, on peut aussi se servir de l'extrait de pancréas préparé par Grübler.

Pour faire les extraits de la glande pancréatique, je prenais le pancréas d'un porc tué vers la troisième heure de la digestion, la glande est alors en pleine activité, elle a un aspect rougeâtre et semble gorgée de sang. Je la coupe en petits fragments et je fais passer de l'eau dessus pour chasser tout le sang. Puis je triture avec un mélange de 2 volumes d'eau distillée et de 1 volume de glycérine en acidulant convenablement avec de l'acide acétique dilué, et je laisse reposer pendant 24 heures, à une température de 35°, après quoi j'exprime d'abord à travers un linge, et puis je filtre sur du papier. Le liquide additionné d'une goutte d'éther est conservé dans un flacon bouché.

Étudions maintenant successivement les trois ferments contenus dans le liquide extrait du pancréas.

Je ne les ai pas séparés car ils ne se nuisent pas mutuellement, et puis, dans le suc pancréatique naturel ils sont réunis. Il n'y avait donc aucune nécessité à les séparer.

1° *Ferment des substances albumineuses ou pancréatine.*

Ce ferment agit également bien sur l'albumine, la fibrine et la gélatine; son action s'exerce dans les trois réactions; elle est le plus rapide en réaction alcaline, mais la digestion se fait aussi complètement en réaction neutre et même en réaction faiblement acide due à l'acide acétique.

L'action du ferment sur les substances albumineuses s'accompagne d'un grand nombre de réactions chimiques qui apparaissent successivement. Je les énumère pour mémoire: ébullition avec l'alcool, réaction du biuret, réaction de l'acide carbamique, précipités formés par le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique, par le sulfate de cuivre, l'alun et le

sesquichlorure de fer, enfin la réaction de l'indol et l'odeur caractéristique de ce corps.

Toutes ces réactions indiquent la transformation de l'albumine en composés protalbiques, en peptones, la scission des peptones en chondrine, tyrosine, leucine, et enfin la formation de skotol, d'indol, etc., sous l'influence prolongée du ferment pancréatique et des bactéries.

La salsepareille n'empêche pas l'action de ce ferment.

La bile ajoutée à un liquide contenant la pancréatine agit de même que la salsepareille, c'est-à-dire qu'elle n'empêche pas l'action peptogène de la pancréatine, elle la favorise même un peu, mais elle semble empêcher ou retarder son action ultérieure sur les peptones et leur destruction. Cette action antiputride de la bile a été très controversée. Stolnikoff a montré que les produits définitifs de la décomposition étaient les mêmes en présence et en l'absence de la bile; mais les résultats obtenus par lui me semblent peu importants au point de vue physiologique, car il note les produits d'altération obtenus après un temps beaucoup trop long; ses expériences durent plusieurs mois ; elles démontrent évidemment que la bile n'exerce pas d'action antiseptique définitive, mais cela ne prouve pas qu'elle ne puisse exercer un certain retard sur les phénomènes de la putréfaction.

J'ai fait un grand nombre d'expériences sur cette question et j'ai toujours vu qu'en employant de la bile parfaitement fraîche, venant d'un porc mort depuis une heure ou deux, on constate une grande différence entre les deux liquides dont l'un contient la bile et l'autre non. La fibrine semble un peu plus vite digérée et dissoute dans le liquide qui contient la bile, mais cette influence est faible; par contre la mauvaise odeur et les bactéries appa-

raissent déjà après quelques heures dans le liquide sans bile, tandis que dans celui qui contient la bile on constate un retard très réel, et les bactéries y sont rares et isolées sans former de pellicule; de plus l'odeur est bien moindre et moins mauvaise. On s'expliquera aisément cette influence de la bile, si l'on se souvient que la bile empêche l'action du ferment extrait des bactéries; celles-ci doivent avoir de la difficulté à s'établir dans une liquide sur lequel elles ne peuvent pas agir pas l'intermédiaire des ferments solubles qu'elles sécrètent.

Influence de la pepsine sur la pancréatine.

Il faut faire l'expérience en deux temps : d'abord faire agir la pepsine sur la pancréatine, en réaction acide favorable à l'action de la pepsine, ensuite, après quelque temps, rendre la réaction du liquide faiblement mais nettement alcaline et y ajouter soit de la fibrine, soit de l'albumine, On voit alors que les liquides qui contenaient la pepsine active ne montrent aucune action digestive, car la pancréatine y est détruite. Par contre les liquides témoins qui contenaient la pepsine tuée par l'ébullition, montrent une action digestive normale due à la présence de la pancréatine restée intacte.

On peut refaire ces expériences en se servant de salsepareille dans les liquides de contrôle; celle-ci empêche l'action destructive de la pepsine, et la pancréatine conserve son activité digestive. Mais lorsqu'il s'agit de bile, la chose se complique, les liquides qui contiennent la bile montrent bien que l'action de la pepsine ne s'est pas exercée librement sur la pancréatine et celle-ci est préservée et peut encore montrer une action digestive. Mais

cette action est moindre que normalement, elle est affaiblie.

A quoi est dû ce résultat? Faisons cette expérience à nouveau, mais en n'ajoutant, au liquide contenant la pancréatine et acidulé comme précédemment par l'acide chlorhydrique, que de la bile sans pepsine, et laissons reposer à une douce chaleur pendant cinq minutes ; prenons-en une partie que nous alcaliniserons et à laquelle nous ajouterons de l'albumine ou de la fibrine ; nous verrons que ce liquide possède une action digestive normale; mais si nous prenons des portions successives de ce liquide après l'avoir laissé digérer pendant des durées de temps de plus en plus longues, nous verrons que l'activité de la pancréatine s'affaiblit, à mesure, de plus en plus, et enfin après une heure environ, la pancréatine a perdu toute action digestive.

La bile acide agit donc d'une façon destructive sur la pancréatine; mais pour que cette action puisse s'exercer il faut un certain degré d'acidité, une acidité trop faible ne suffit pas, et la pancréatine peut encore exercer une action digestive en présence de la bile, dans un liquide faiblement acidifié par l'acide acétique; une acidité un peu plus forte suffit pour la tuer en présence de la bile.

La bile exerce donc une double action sur la pancréatine: d'abord elle empêche son action destructive des peptones et ensuite, en réaction acide convenable, elle finit même par la détruire. Ce résultat est à noter.

Influence du liquide des glandes de Brunner.

Les expériences doivent être faites de la même manière que pour la pepsine; elles doivent être faites en deux

temps et en se servant du liquide des glandes de Brunner bouilli, comme contrôle. On voit alors que les deux portions contenant l'une le ferment actif, l'autre le ferment tué par l'ébullition, se comportent de même à l'égard de la fibrine ou de l'albumine; toutes les deux digèrent également bien, donc, le ferment des glandes de Brunner n'a exercé aucune action destructive sur la pancréatine.

Voyons maintenant le second ferment du pancréas.

2° *Ferment diastatique.*

Ce ferment transforme l'amidon cuit en sucre: cette action se fait très rapidement en réaction neutre. Elle peut se faire très bien aussi dans une réaction alcaline excessivement faible et même une réaction acide également faible peut être supportée.

Les réactions qui accompagnent cette transformation ont été déjà indiquées plus haut pour le ferment diastatique de l'orge germée, je ne les énumérerai plus ici.

La salsepareille n'agit pas sur ce ferment, et n'empêche par son action.

La bile n'empêche pas du tout son action non plus, et le ferment additionné de bile transforme aussi rapidement l'amidon en sucre; il faut noter ici que la bile fraîche n'exerce pas d'action diastatique par elle-même, la bile acidulée et conservée pendant quelques jours ne la donne pas non plus.

Action de la pepsine.

L'expérience doit être faite en deux temps. Nous avons vu que l'action prolongée de la bile en réaction acide était funeste au ferment de l'albumine du suc pan-

créatique. Comment se comportera le ferment diastatique vis-à-vis de la bile acide, et peut-on employer la bile dans les expériences de contrôle sur l'action de la pepsine sur ce ferment?

On constate d'abord que la pepsine détruit très rapidement le ferment diastatique du pancréas, et les liquides qui contiennent la pepsine active ne montrent plus aucune transformation de l'amidon cuit en sucre, tandis que ceux où la pepsine a été tuée par l'ébullition ont gardé leur activité saccharifiante.

Ajoutons maintenant de la salsepareille à quelques-unes des portions du liquide qui contient la pepsine active et de la bile aux autres portions, et voyons ce qui en résulte? — Après quelque temps examinons l'action de ces liquides sur l'amidon cuit, après avoir convenablement modifié la réaction. Nous verrons alors que les deux liquides agissent sur l'amidon et montrent une action saccharifiante; la pepsine n'a donc pas agi sur le ferment, elle en a été empêchée par la présence de la bile et de la salsepareille, et l'activité du ferment diastatique a été préservée. Cependant dans le nombre des essais faits dans cette direction j'ai remarqué que les liquides qui contiennent la salsepareille finissent par perdre leur activité si l'action a été un peu prolongée. A quoi est-ce dû ?

Les liquides qui contiennent la pepsine sans la salsepareille perdent toute activité beaucoup plus vite, deux ou trois fois plus vite que ceux qui contiennent en même temps la salsepareille; mais cependant, ceux-ci la perdent aussi après un temps plus long, tandis que les liquides qui contiennent la bile à la place de la salsepareille restent actifs définitivement.

Tous ces liquides ont une réaction acide prononcée,

voyons quel est l'effet d'une action assez prolongée de l'acide faible sur le ferment diastatique?

Je prends trois portions de liquide contenant toutes les trois de l'acide chlorhydrique à 1 pour 1000, et le ferment diastatique du pancréas en quantité égale, mais à l'une on ajoute un peu de bile à l'autre de la salsepareille et la troisième reste telle quelle. La réaction acide est partout exactement la même. Je chauffe ces liquides à une température de 38° pendant quelque temps, en prenant à des intervalles de temps variables des portions à essai de chacun des trois liquides. Je constate qu'au bout de quelque temps, variable suivant les proportions de ferment employées, les liquides qui contenaient, l'un l'acide seul, et l'autre l'acide additionné de salsepareille, ont perdu tous deux leur activité, tandis que le liquide qui contenait la bile en plus de l'acide, montre que le ferment diastatique qui y était contenu a gardé tout sa force, et transforme parfaitement bien l'amidon cuit en sucre. Ce résultat est remarquable, il montre que la bile exerce sur le ferment diastatique du pancréas qui est très délicat et facilement détruit, une action préservatrice. J'ai répété ces expériences un très grand nombre de fois, et toujours avec le même succès; toujours la bile ajoutée en quantité suffisante, et même en petite quantité, l'a préservé de l'action funeste de l'acide chlorhydrique dilué, de l'acide acétique dilué (ce dernier agit comme l'HCl, mais moins énergiquement), et de la pepsine.

Donc, tandis que la salsepareille préserve le ferment en empêchant la pepsine d'agir, la bile exerce une action double; elle empêche l'action de la pepsine et en même temps préserve le ferment diastatique contre l'action de

l'acide; laquelle pour être plus lente, n'en est pas moins nuisible.

Le suc des glandes de Brunner n'exerce par lui-même aucune action sur le ferment diastatique du pancréas; il n'agit à la longue que par la réaction acide qui l'accompagne et il n'y a aucune différence entre les liquides qui contiennent le ferment actif ou bien tué par l'ébullition.

3° *Ferment des graisses.*

Ce ferment exerce son action sur les corps gras qu'il dédouble en acides gras et glycérine. La réaction alcaline est la plus convenable, mais la réaction neutre n'est pas un empêchement, seulement l'action, alors, est moins rapide. Pour obtenir l'action de ce ferment il faut prendre de la graisse de porc tout à fait fraîche ou du beurre très frais, ou bien de l'huile d'olives, en ayant soin d'essayer la réaction sur un papier de tournesol bleu, très sensible et de voir que la réaction de tous ces corps gras soit très exactement neutre, sans trace d'acidité.

On mélange l'un quelconque de ces corps gras avec l'extrait de pancréas qui contient le ferment, et on donne à ce mélange une réaction légèrement mais nettement alcaline, en y ajoutant soit du carbonate de soude, soit de la magnésie calcinée; on chauffe à une température de 38°. Si le ferment est actif, au bout de quelques minutes le mélange présente déjà une réaction acide au tournesol, on peut alors de nouveau ajouter de l'alcali et de nouveau au bout d'un moment la réaction redevient acide, grâce aux acides gras qui ont été mis en liberté.

Cette réaction est suffisante pour constater l'action du ferment des graisses, si elle manque on peut être sûr que le ferment n'a pas agi.

Cependant, comme moyen de contrôle, il vaut mieux répéter toutes les expériences en dosant les acides gras mis en liberté en les transformant en savons.

La salsepareille n'empêche pas du tout l'action de ce ferment.

La bile ajoutée au mélange de corps gras et de ferment, favorise plutôt l'action, et le dédoublement de la graisse se fait plus vite, mais l'action est peu importante et l'accélération assez faible; il faut noter que la bile fraîche n'a par elle-même aucune action sur la graisse sinon une action dissolvante; mais elle ne la dedouble pas.

Action de la pepsine.

L'expérience doit être naturellement faite en deux temps; on voit alors qu'au bout d'un temps très court le ferment des graisses perd ses propriétés sous l'influence de la pepsine. Les liquides qui contiennent la pepsine tuée par l'ébullition ne montrent au bout du même temps aucun affaiblissement dans la force du ferment des graisses.

La pepsine est totalement empêchée d'agir sur ce ferment par la présence de la salsepareille dans le liquide, et le ferment reste alors intact.

La bile aussi empêche l'action de la pepsine, mais il faut prendre les liquides après un temps relativement court, car si l'action de la bile acide se prolonge, le ferment des graisses est tué au bout de quelque temps. Il faut une durée trois ou quatre fois plus longue pour l'action de la pepsine.

La bile acide agit sur ce ferment de la même manière que sur le ferment de l'albumine du suc pancréatique.

Le ferment contenu dans le suc des glandes de Brunner, n'a aucune action sur le ferment des graisses, et on ne voit aucune différence entre les liquides qui con-

tiennent le ferment des glandes de Brunner tué par l'ébullition, et ceux qui contiennent le même ferment actif.

Dans toutes ces expériences avec le liquide sécrété par les glandes de Brunner, il faut bien vérifier si l'infusion ne contient pas en même temps un peu de pepsine, cela peut bien arriver si la muqueuse du duodénum qui donne l'infusion, n'a pas été préalablement assez bien lavée. On peut du reste facilement se convaincre de la pureté de l'infusion et de l'absence de la pepsine en faisant les essais avec de la bile. Celle-ci annule l'action de la pepsine entièrement et laisse celle du liquide des glandes de Brunner, ainsi que nous l'avons vu. C'est donc là un bon moyen de contrôle.

Nous avons ainsi passé en revue tous les ferments sécrétés par le pancréas et nous avons vu que la pepsine les détruit tous, très rapidement.

Passons maintenant aux autres ferments digestifs.

Le chyme en continuant sa course le long du canal intestinal arrive en contact avec le liquide intestinal.

Suc intestinal.

C'est le produit de la sécrétion de toutes les glandes situées sur les parois de l'intestin grêle dans toute sa longueur, à partir de la fin du duodénum.

Pour obtenir un extrait de ces glandes, je prends une longueur de deux ou trois mètres de l'intestin grêle d'un porc tué entre la septième et la huitième heure de la digestion. L'intestin est d'abord lavé à grande eau pour le débarrasser de tout autre suc digestif pouvant provenir des parties situées au-dessus. Après un lavage prolongé pendant lequel l'intestin était traversé par un fort courant d'eau, j'enlève la

muqueuse et je la broie finement avec un mélange à volumes égaux d'eau distillée et de glycérine. J'acidifie légèrement ce mélange avec de l'acide acétique dilué, et, après avoir bien mélangé le tout, j'expose le liquide à une température de 35° pendant 48 heures. Au bout de ce temps je passe au travers d'une mousseline, puis je filtre et je con serve dans un flacon bouché avec une goutte d'éther. C'est un liquide un peu jaunâtre mais transparent.

Quels sont les ferments qu'il contient ?

Mis en présence de la fibrine on constate que ce suc en réaction acide ne donne pas trace de digestion. Mais en réaction alcaline faible on voit la fibrine être digérée et la réaction du biuret quoique faible accuse cependant une certaine action peptonisante, toutefois cette action est extrêmement lente, c'est à peine si après un séjour de trois heures le filament de fibrine commence à diminuer de dimension. Je pense que cette très faible action digestive appartient à une petite quantité de pancréatine qui est peut être adhérente à la muqueuse intestinale, malgré le lavage prolongé.

Du reste presque tous les physiologistes s'accordent à refuser au suc intestinal toute activité peptogène ; je ne vais donc tenir aucun compte de la présence de ce ferment dans mes extraits.

Mais le suc intestinal contient de l'avis des physiologistes deux autres ferments : le ferment diastatique et le ferment inversif. Ces deux ferments se trouvent aussi dans mes extraits.

1° *Ferment diastatique.*

Ce ferment transforme très rapidement, presque instantanément, l'amidon bouilli en sucre, et l'action a lieu de préférence dans la réaction alcaline faible ; cependant dans la

réaction neutre cette propriété saccharifiante s'exerce aussi, quoique un peu plus lentement, et même une réaction très faiblement acide n'est pas un empêchement complet.

Les réactions qui montrent la transformation de l'amidon cuit en sucre ont été déjà décrites plus haut (voy. diastase de l'orge germée); je n'en parlerai plus.

La salsepareille n'empêche pas l'action de ce ferment.

La bile ne l'empêche pas non plus.

Action de la pepsine. Le ferment diastatique du suc intestinal est assez vite détruit par la pepsine et la différence est assez grande entre les liquides qui contiennent, l'un la pepsine active, l'autre la pepsine tuée par l'ébullition. Ce dernier transforme très bien l'amidon bouilli en sucre. Cependant une action prolongée de l'acide seul détruit déjà le ferment diastatique. On voit donc que ce ferment a exactement les mêmes propriétés que le ferment diastatique du pancréas. La bile par son action sur ce ferment, confirme cette analogie, car elle exerce sur lui la même influence protectrice contre l'action nuisible exercée par la pepsine et par les acides, que sur le ferment diastatique du pancréas. En présence de la bile ce ferment se trouve protégé contre ces deux agents.

L'identité des deux ferments est-elle absolue? c'est probable mais non certain. Le ferment du suc intestinal semble être plus actif et agir plus rapidement, peut-être que l'extrait est plus riche en ferment.

2° *Ferment inversif.*

Ce ferment n'agit pas sur l'amidon, mais il transforme le sucre de canne ou de betterave en sucre de raisin ou en d'autres termes le sucre dextrogyre en sucre lévogyre.

Pour constater cette action, il faut se servir de la réaction de Trommer ou de l'appareil de polarisation de Mitscherlich ; car les réactions avec le tungstate et le molybdate d'ammoniaque ne peuvent pas être employés, vu que le sucre de canne et de betterave les donne fort bien aussi.

La réaction la plus favorable pour ce ferment est une réaction très légèrement alcaline; dans la réaction neutre il agit très bien aussi.

Action de la pepsine. La destruction du ferment inversif par la pepsine est très rapide. La portion de contrôle contenant la pepsine tuée par l'ébullition montre bien que l'action est due à la pepsine en tant que ferment actif. Cependant la réaction acide due soit à l'acide chlorhydrique, soit à l'acide acétique détruit aussi ce ferment.

La bile exerce sur le ferment inversif la même action que sur le ferment diastatique du suc intestinal et du suc pancréatique, elle le protège très efficacement contre la destruction opérée par la pepsine et par les acides, et le ferment garde ses propriétés. Il faut remarquer que dans ces expériences la bile ajoutée aux liquides ne diminue pas leur réaction acide, car j'acidifie toujours la bile avant de l'ajouter aux liquides afin d'empêcher le dépôt de mucus, qui, sans cela viendrait troubler l'aspect transparent des liquides et nuirait à la netteté de l'expérience.

Une remarque très importante à faire, est que la bile fraîche, venant de l'abattoir le jour même, d'un animal sacrifié depuis 3—4 heures seulement, possède seule cette propriété protectrice, vis-à-vis des ferments diastatique et inversif. La bile conservée avec de l'éther, et ayant un aspect assez normal, dépourvue de toute mauvaise odeur, a cependant perdu cette propriété protectrice au bout de quelques jours, et même, ce qui est curieux, c'est que cette même bile conservée encore plus long-

temps, 3 ou 4 semaines par exemple, acquiert des propriétés nuisibles envers ces ferments; non seulement elle ne les protège plus contre l'action nuisible des acides, mais ajoutée aux liquides qui contiennent ces ferments en réaction acide, elle les détruit plus rapidement que ne l'aurait fait l'acide tout seul, et les rend entièrement inactifs.

La facilité avec laquelle les acides détruisent les ferments du suc intestinal, rend la conservation de ces extraits très difficile, ils doivent avoir une réaction acide très faible et être conservés dans des flacons bouchés, avec un peu d'éther; même dans ces conditions ils ne se conservent pas longtemps, quelques semaines tout au plus; et bien que restant parfaitement normaux d'apparence, ils perdent leurs propriétés digestives.

Le liquide des glandes de Brunner n'a pas la moindre action sur le ferment inversif, ni sur le ferment diastatique du suc intestinal, il n'agit que par la réaction acide et l'action reste la même que le ferment soit actif ou tué par l'ébullition.

Par l'étude des ferments du suc intestinal nous avons terminé la série des ferments digestifs avec lesquels la pepsine peut se trouver en contact pendant le cours de la digestion, soit dans l'intérieur de l'estomac, soit quand le chyme sorti de l'estomac continue son chemin le long du canal intestinal.

Les expériences que je viens de décrire nous montrent que la pepsine a une action destructive très énergique sur les divers ferments solubles.

Quelle est la nature de cette action exercée par la pepsine sur la substance de ces ferments? Nous n'en savons rien, pas plus que nous ne connaissons la nature de la

substance de ces ferments; nous devons donc nous borner à constater simplement que ces ferments sont rendus inactifs et ont entièrement perdu les propriétés par lesquelles chacun d'eux manifestait son action sur les substances appropriées.

La pepsine ne détruit pas tous les ferments solubles avec la même rapidité.

On peut établir une sorte d'échelle approximative de comparaison, en faisant agir deux portions d'un même liquide peptique convenablement acidifié l'une sur le ferment étudié, l'autre sur un flocon de fibrine. Naturellement le temps nécessaire à la pepsine pour détruire un ferment donné dependra aussi de la quantité de ce ferment employée, il ne s'agit donc là que d'une comparaison très approximative.

En procédant ainsi on voit que le labferment est le plus réfractaire à l'action de la pepsine, le liquide témoin contenant la fibrine a le temps de digérer cinq ou six filaments à la suite les uns des autres, pendant que la pepsine de la portion qui contient le labferment digère son ferment.

Après le labferment vient la papaïne; elle est cependant plus vite détruite que lui. Enfin tous les autres ferments étudiés dans ce travail, sont détruits presque en même temps et beaucoup plus rapidement que les précédents; il leur suffit d'une fraction du temps nécessaire pour la digestion du filament de fibrine pour être détruits. Les ferments diastatiques, quelle que soit leur provenance et le ferment inversif, sont tués presque immédiatement; si les proportions des deux ferments destructif et destructeur sont convenables, une dizaine de minutes suffisent et même moins.

L'action de la pepsine sur les ferments solubles étant établie, j'ai voulu voir si l'action inverse avait lieu ; en d'autres termes si les divers ferments solubles peuvent détruire la pepsine, ou tout au moins par leur présence empêcher son action peptonisante.

Kühne a déjà démontré que la pancréatine ne détruit pas la pepsine, ainsi que le pensait Corvisart, mais que cette action était due seulement à la réaction alcaline du liquide. On a aussi pensé que la salive en s'écoulant dans l'estomac pouvait peut-être exercer une action nuisible sur la pepsine.

J'ai repris les expériences sur la pancréatine et sur la salive, mais la pepsine est trop sensible à l'action prolongée d'un liquide même faiblement alcalin pour qu'on puisse décider si le ferment salivaire ou pancréatique exerce par lui-même une action quelconque, toutefois il est probable que non, car l'ébullition n'enlève rien à l'activité de ces liquides alcalins, or les ferments solubles étant tués par l'ébullition les liquides devraient perdre leur activité. L'action de ces liquides alcalins est du reste très lente.

Si l'on vent étudier l'action des ferments agissant en réaction acide sur la pepsine, la difficulté devient encore plus grande, vu que dans cette réaction la pepsine agit sur les ferments avec trop de rapidité pour pouvoir être elle-même influencée par une action inverse.

Un des ferments les moins rapidement détruits par la pepsine, est le labferment; il s'affaiblit peu à peu et enfin devient inactif, mais en mettant beaucoup de labferment et peu de pepsine, on peut notablement retarder ce phénomène; j'ai, en conséquence, pensé que ce ferment pourrait convenir mieux que d'autres pour résoudre la question.

J'ai fait un assez grand nombre d'expériences soit en laissant au préalable agir le labferment sur la pepsine, et puis en examinant le pouvoir peptonisant de celle-ci sur la fibrine, soit en faisant réagir le labferment en assez grande quantité sur de la pepsine, dans un liquide qui contenait en même temps de la fibrine gonflée ; mais dans aucune de ces expériences je n'ai pu remarquer la moindre différence entre les liquides qui contenaient le labferment actif et ceux dans lesquels le ferment était tué par l'ébullition. Ces expériences ne m'ont donné qu'un résultat négatif, et je puis formuler cette conclusion que la pepsine détruit[1] tous les ferments solubles, mais n'est attaquée par aucun d'eux.

Résumons maintenant les principaux faits obtenus dans ce travail.

Résumé des résultats obtenus.

1° Un fait très important et tout à fait général est la destruction énergique et rapide que la pepsine exerce sur les divers ferments solubles, appartenant au règne végétal et au règne animal, et même sur des ferments élaborés par les organismes tout à fait inférieurs, tels que les bactéries.

Voici l'énumération des divers ferments étudiés dans ce travail.

Ferments d'origine végétale :

A. Diastase de l'orge germée.

[1] Je répéterai ici encore une fois qu'en disant qu'un ferment a été *détruit* par la pepsine je veux dire simplement qu'il a perdu son activité sous l'influence de la pepsine, sans rien préjuger de la nature de cette influence.

B. Emulsine.

C. Papaïne.

D. Ferment extrait des bactéries.

Ferments d'origine animale :

E. Diastase de la salive.

F. Labferment.

G. Diastase. Ferment contenu dans le suc pancréatique.

H. Ferment des graisses.

I. Ferment des albumines. *Id.*

K. Diastase. Ferment contenu dans le suc intestinal.

L. Ferment inversif. *Id.*

M. Ferments des albumines extraits des reins et du foie.

2° Cette action ne s'exerce pas également rapidement sur tous les ferments, le labferment se montre très réfractaire à cette influence, et, bien que sa destruction par la pepsine fût complète, elle ne s'effectue qu'au bout d'un temps relativement plus long que pour les autres ferments, lesquels sont détruits très rapidement, si les conditions de réaction sont favorables à la pepsine.

3° L'action inverse des ferments solubles sur la pepsine n'a pas lieu, la pepsine n'est ni empêchée ni retardée dans son action par leur présence dans le liquide digestif; et l'influence nuisible que les ferments qui agissent en réaction alcaline (tels que : ferment salivaire et pancréatique) semblent exercer sur la pepsine est due non à l'activité des ferments, mais à l'alcalinité des liquides.

4° L'action destructive exercée par la pepsine sur ces ferments est due à l'influence du ferment peptique et non à une action secondaire d'une substance quelconque

contenue dans l'extrait. La preuve nous est fournie par le fait qu'on peut rendre l'extrait inactif, soit en tuant le ferment par l'ébullition, soit en ajoutant au liquide une substance reconnue capable d'annuler l'action de la pepsine.

5° La pepsine est très réfractaire à l'action des diverses substances qui sont nuisibles aux autres ferments; cependant, il existe quelques substances capables soit d'empêcher totalement, soit de retarder considérablement l'action de la pepsine. Telles sont : l'extrait aqueux de la racine de salsepareille et la bile; ces deux substances exercent une influence funeste sur la pepsine même, en dehors de toute action mécanique, sur les liquides digestifs (précipitation, coagulation, deshydratation, etc.).

6° Les biles provenant d'animaux d'espèces différentes montrent des différences dans l'énergie de leur action; en prenant pour type la pepsine de porc, c'est la bile de bœuf qui est la plus active, puis vient celle du porc, ensuite celle du chien, et en dernier lieu celle du veau.

7° Quelle action la bile exerce-t-elle sur les autres ferments solubles? Cette influence est variable suivant les ferments :

a) Elle favorise leur action : Ferment des graisses et pancréatine (cette influence favorable ne s'exerce qu'en réaction alcaline; le contact prolongé avec *la bile acide détruit ces ferments*).

b) Elle ne favorise pas leur action : Ferment des glandes de Brunner; *mais les préserve des effets destructeurs de la pepsine et des acides :* Diastases (de l'orge, de la salive, du suc pancréatique, du suc intestinal), ferment inversif, émulsine, labferment, ferment du Carica papaya.

c) Elle empêche leur action : Pepsine, ferment des bactéries, ferment des reins et du foie.

8° La bile retarde les phénomènes de la décomposition qui ont lieu dans la digestion de l'albumine et de la fibrine sous l'influence de la pancréatine et des bactéries.

9° Il nous reste à parler du ferment sécrété par les glandes de Brunner. C'est un ferment peptonisant voisin de la pepsine par le mode et les conditions de son action, il agit sur les matières albumineuses en réaction acide exclusivement.

Cependant ce n'est pas de la pepsine, il s'en distingue nettement par les propriétés suivantes :

a) L'extrait aqueux de la racine de salsepareille n'empêche pas son action.

b) La bile n'exerce sur lui aucune influence retardatrice ; ce n'est qu'à la dose suffisante pour empêcher totalement le gonflement de la fibrine que la bile finit par retarder ou arrêter son action.

c) Le ferment des glandes de Brunner n'exerce aucune action destructive sur les ferments solubles.

Nous avons vu que la pepsine détruit tous les ferments dans nos expériences *in vitro.*

En est-il de même dans l'estomac?

Le suc gastrique sécrété par l'estomac se trouve dans des conditions extrêmement favorables à l'action de la pepsine, et les phénomènes de peptonisation y sont très énergiques; or, les conditions d'action de la pepsine étant les mêmes, qu'il s'agisse de peptoniser les substances albumineuses, ou de digérer les ferments, nous pouvons admettre avec raison que la pepsine exerce vis-à-vis des ferments solubles la même action dans l'estomac que dans mes expériences *in vitro* ; du reste, le suc gastrique

recueilli chez le chien par une fistule stomacale se montre très actif vis-à-vis des ferments solubles, et les expériences de Dufresne, abstraction faite des conclusions peu légitimes auxquelles elles conduisent leur auteur, démontrent cependant un fait très important, la disparition rapide de la pancréatine ingérée par le chien et qu'on ne peut plus retrouver dans le suc qui s'écoule par la fistule stomacale.

Mais nous avons vu aussi que tous les ferments n'étaient pas détruits avec la même rapidité; on peut donc supposer que ceux qui sont les plus réfractaires à l'action de la pepsine ont le temps d'agir avant d'être détruits par le suc gastrique.

A cela nous pouvons répondre, en nous basant sur nos expériences, que l'acidité du suc gastrique constitue un grand empêchement à l'action de la plupart des ferments solubles étudiés. Cependant il existe un ferment qui se trouve constamment dans la sécrétion stomacale, et qui, bien qu'il soit aussi détruit par une action assez prolongée de la pepsine, peut toujours, grâce à l'instantanéité de son action, exercer son influence au sein même du suc gastrique dont l'acidité lui est du reste très favorable, c'est le labferment.

Deux autres ferments, dont l'action est extrêmement rapide, mais pourtant considérablement entravée par l'acidité, l'émulsine et la diastase de l'orge, peuvent encore exercer une certaine action pendant les premiers moments de leur contact avec le suc gastrique, mais cette action est extrêmement faible et disparaît rapidement. Tous les autres ferments sont inactifs dans le suc gastrique, et détruits par lui avant leur sortie de l'estomac.

Cette action destructive de la pepsine ne se borne pro-

bablement pas aux ferments solubles, et les ferments organisés sont aussi en grande partie détruits dans l'estomac; il existe encore peu d'observations à ce sujet, mais cependant Cornil et Babes affirment, dans leur traité sur les bactéries, que toutes les bactéries qui habitent normalement la bouche sont détruites dans l'estomac. Les bactéries de la putréfaction subiraient, d'après ces auteurs, le même sort.

Cependant on trouve normalement dans l'intestin plusieurs espèces de bactéries, et Bieneck (cité par Cornil et Babes) en énumère un certain nombre, dont quelques-unes inoffensives, tandis que d'autres donnent dans leurs cultures *extra corpore* des ptomaïnes toxiques.

La présence de ces bactéries dans l'intestin ne provoque en général aucun phénomène nuisible, et ce n'est que par exception que leur nombre augmente et amène des phénomènes morbides. On peut se demander si cette augmentation dans les proportions des bactéries n'est pas liée à certains troubles, peut-être légers et passagers, de la digestion stomacale, mais qui, en amenant un affaiblissement des propriétés du suc gastrique, permettent aux bactéries de passer en plus grand nombre, ou a quelques espèces plus nuisibles, d'ordinaire détruites, d'échapper à la destruction.

Les expériences manquent pour résoudre ces intéressantes questions; la possibilité de l'infection par voie gastrique est démontrée pour un certain nombre de maladies, mais les cas d'infection sont relativement rares. — Les personnes à digestion gastrique insuffisante sont-elles plus aptes à gagner certaines maladies comme la tuberculose ou le cancer?.... Malheureusement la cachexie qui accompagne en général le catarrhe gastrique vient

encore compliquer cette question déjà si difficile à élucider.

Mais revenons à la digestion.

Je voudrais donner un aperçu général de la digestion basé sur les expériences et les recherches décrites dans ce travail; la tâche paraît facile, mais les conclusions qui semblent de prime abord se présenter tout naturellement à l'esprit sont pourtant difficiles à formuler avec certitude, et voici pourquoi :

Les divers ferments solubles ne peuvent agir les uns sur les autres que si les conditions indispensables à leur action se trouvent réalisés. Parmi ces conditions, les principales sont : la température, la réaction du liquide, le rapport des quantités des divers ferments, enfin le temps pendant lequel les ferments peuvent agir les uns sur les autres.

Ces conditions, faciles à observer dans les expériences *in vitro*, se trouvent-elles réalisées dans la digestion physiologique telle qu'elle s'effectue chez l'animal vivant ?

Il est difficile de répondre à cette question.

La température est la seule condition qui nous soit toujours connue, elle ne varie que peu et reste toujours dans des limites favorables à l'action des ferments. Quant aux autres conditions, elles sont très difficiles à déterminer chez l'animal vivant.

Il faudrait pour cela s'adresser aux animaux porteurs de fistules diverses, stomacale, duodénale, intestinale, et faire l'examen des réactions et des propriétés du chyme qui s'écoule par ces fistules.

On trouve dans la littérature un grand nombre d'observations semblables, mais malheureusement les résultats obtenus par les divers auteurs sont très contradic-

toires et souvent incomplets; les différences observées s'expliquent du reste par des variations individuelles, mais surtout par le mode d'alimentation auquel les animaux étaient soumis. Il est évident, alors, que la réaction du chyme, la durée de son séjour dans telle ou telle partie du canal digestif, et les proportions dans le mélange des divers ferments, devront varier beaucoup. Il est difficile d'établir des conclusions sur des données aussi variables.

Un autre ordre d'expériences sur lesquelles j'ai cherché à me baser et dont la littérature de la physiologie est assez riche, sont les expériences sur les animaux à fistules biliaires.

Lorsque dans le cours de mes recherches, commencées, je dois le dire, sans aucune idée préconçue, simplement en vue d'étudier les propriétés des divers ferments solubles, je suis arrivé à la conclusion que la pepsine est un agent de destruction énergique et rapide vis-à-vis des divers ferments solubles, je me suis mis à chercher ce qui pouvait, dans le cours normal de la digestion, empêcher la destruction des divers ferments digestifs sous l'influence du suc gastrique.

Je crois avoir prouvé avec évidence que la bile exerce cette action, et qu'une quantité minime suffit pour mettre la pepsine hors d'état d'agir; j'ai alors tout naturellement pensé aux chiens porteurs de fistules biliaires et dont l'amaigrissement, joint à un appétit vorace, notés par un grand nombre de physiologistes, pouvaient ainsi, semblait-il, être expliqués facilement.

En parcourant la littérature de cette question, j'ai trouvé cette idée déjà formulée par Kühne dans un tout petit opuscule (Ueber das Verhalten verschiedener orga-

sinirter und sog. ungeformter Fermente. *Verh. des Heidelb. Naturhist. Med. Vereins*, N. S. I, 3, 1876); Kühne admet la destruction de la pancréatine par la pepsine et l'empêchement apporté par la bile à cette action dans les conditions normales de la digestion.

On pourrait espérer trouver dans les expériences sur les animaux à fistules biliaires des indications sur la valeur de la bile dans le cours de la digestion normale; mais les résultats obtenus par les différents auteurs sont entièrement contradictoires, et ne permettent pas d'établir des conclusions.

Mes expériences sur les ferments ayant été faites *in vitro* et avec des extraits glycériques des divers ferments elles ne me permettent pas de formuler avec certitude les considérations qui se présentent à mon esprit; je me propose en conséquence d'étudier, dans un prochain travail, les propriétés des liquides digestifs, tels qu'ils s'écoulent des différentes fistules chez l'animal vivant et en tenant compte de certains faits établis dans ce travail.

En terminant ce travail, je viens de prendre connaissance d'une brochure publiée par M. R. Oddi et intitulée : *Azione della bile sulla digestione gastrica* (Perugia, 1887); je tâcherai de donner l'explication des résultats qu'il a obtenus, dans mon prochain travail.

Genève, mai 1889.

NOTES PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES

SUR

TROIS PETITS LACS DU BASSIN TESSINOIS[1]

PAR

M. le prof. Pietro PAVESI

Quelques excursions rapides faites par moi, en automne de 1887, aux petits lacs de Muzzano, de Piano et Delio, dans le but d'en étudier les conditions physiques et la faune, m'ont donné les résultats qui suivent.

Le lac de Muzzano, situé tout près de Lugano, à l'ouest, présente une surface de 30 hectares, une altitude de 334 m. au-dessus de la mer. Comme l'on n'était guère d'accord sur la profondeur maximale, je pratiquai des essais répétés de sondage. J'ai ainsi constaté qu'elle est loin d'atteindre les 12 m. que l'on croyait et ne mesure, en effet, que 3 m. 50, cela au dessous du village de Muzzano et droit en face de Cremirgnone. Le limon de fond forme une couche considérable. Les eaux d'un jaune terreux, gèlent en hiver; elles hébergent plusieurs poissons, savoir la tanche, le brochet, des *Leuciscus*, l'an-

[1] L'auteur a exposé le même sujet dans une conférence à la soixante-douzième réunion de la *Société helvétique des sciences naturelles,* le 10 septembre 1889.

guille, la perche. La carpe peut être considérée comme disparue. L'abbé Stabile trouva dans ce lac treize espèces de Mollusques, parmi lesquels la *Bythinia insubrica Charp.* et la variété *Blauneri* de l'*Unio Requienii.* M. Pirotta cite cinq espèces d'Odonates habitant le rivage et ramassés par moi; j'ai trouvé depuis l'*Agrion puella* et la *Libellula cancellata.* Les Entomostracés sont représentés par des *Cyclops* et surtout par des troupes énormes de *Bosmina.* Les formes eupélagiques manquent absolument. On y pêche les Protistes découverts par Perty, même le *Pleurococcus lagunensis* et plusieurs Diatomacées.

Pour ce qui a trait au petit lac de Piano, placé dans la selle de Porlezza, entre les lacs de Lugano et de Como, on ignorait sa profondeur maximale, l'altitude exacte et presque tous les organismes qu'il contient. D'après mes calculs, l'altitude du miroir d'eau est de 284 m. 33 au-dessus de la mer, savoir de 11 m. 03 au-dessus du Ceresio, dans lequel il se déverse par le canal Agatone. La plus grande longueur est de 1450 m., la largeur maximale de 850 m., d'après ce que j'ai vu sur les plans de la commune. Mes sondages ont abouti au chiffre de 13 m. pour la plus grande profondeur, laquelle se vérifie dans la portion sud-ouest du lac, où le fond est très boueux et le bassin présente un barrage morainique. M. Bonardi récolta dans les eaux quatre espèces de Mollusques des genres *Linnæa*, *Planorbis* et *Paludina*. Mes recherches m'ont assuré de la présence de grenouilles, de six espèces de Cyprinides et de l'anguille. Un nombre considérable d'entomostracés, parmi lesquels la *Daphnella brachyura* et la *Leptodora hyalina*, nagent dans la région pélagique. Le *Ceratium hirundinella* y est très abondant. Je noterai aussi 44 espèces de Diatomacées, que Bonardi a bien voulu détermi-

ner. Il me suffira de citer la *Cyclotella operculata* appartenant à un genre caractéristique des dépôts lacustres.

On nomme Delio un petit lac alpestre, carré long, situé au-dessus de Maccagno, au pied du mont Borgna. Sa longueur est de 850 m., sa largeur de 320 m. L'altitude du miroir d'eau est, d'après mon anéroïde Goldschmidt, de 923 m. 6 au-dessus de la mer, chiffre très voisin de celui de 950 m. calculé par les ingénieurs de l'Institut géographique militaire de Florence. Le lac Delio se trouve partant à 725 m. au-dessus du niveau du lac Majeur, dans lequel il déverse, quoique d'une manière indirecte, ses eaux. La profondeur maximale, comme c'est l'ordinaire sur la ligne médiane et presque au milieu de la longueur du lac, est de 43 m., chiffre remarquable pour un lac élevé. La transparence des eaux est telle, que la limite de visibilité va jusqu'à 6 m. environ de la surface; la couleur répond au vert bleu de l'échelle de Cornu et Forel. La flore est pauvre; les Diatomées même ne sont guère représentées que par les *Cyclotella* et les *Fragilaria*, si typiques pour les lacs. La faune est aussi fort pauvre. Dans le pays on croit que la tanche et la perche sont les seuls poissons indigènes. Cependant j'y ai constaté quelques autres Cyprinides et des exemplaires de *Cobitis tœnia*. Quatre espèces de Libellulides y passent leur état de larve. En fait d'Entomostracés pélagiques, on n'y découvre rien que des *Cyclops*. A quoi tient cette pauvreté de vie végétale et animale? peut-être au manque de sels dans l'eau. Il me semble cependant plus probable qu'elle tient à l'origine même du lac, comme M. Taramelli l'envisage. D'après ce géologue, le lac Delio aurait dû se former dans le temps par érosion des eaux de décharge du fleuve Tessin.

Je me vois par là entraîné à parler de la genèse des faunes lacustres, que j'ai traitée à plusieurs reprises dans mes mémoires et surtout plus complètement, dans celui qui a pour titre : *Altra serie di ricerche e studi sulla fauna pelagica dei laghi italiani* (Padova, 1883, avec 7 pl.). Je suis de plus en plus persuadé que les espèces de type marin ont été reléguées dans les lacs, à une époque où ces mêmes lacs communiquaient encore avec la mer. Cette théorie de Lovèn et Sars, que je me suis hâté de généraliser pour des pays autres que la Scandinavie, trouva comme toute théorie, des adeptes et aussi des adversaires fort habiles. Je répondrai ici brièvement aux objections soulevées.

M. F.-A. Forel, dans son livre couronné en 1884 par la Société helvétique des sciences naturelles, se prit à réfuter mes arguments spéciaux, qu'il ne trouva pas assez démonstratifs pour être acceptés. Il ne peut se décider à envisager les lacs transalpins suisses comme des fiords d'une mer eocène et à considérer l'époque glaciaire comme n'ayant point interrompu toute continuité entre les anciennes populations marines et les modernes lacustres. Je répondrai que la géologie n'a nullement dit le dernier mot sur l'époque et la manière de formation des lacs subalpins; que plusieurs faits géologiques et physiologiques à la fois montrent que l'époque glaciaire était loin d'entraîner l'extinction totale des faunes et des flores. Il est particulièrement difficile d'expliquer le manque de faune eupélagique dans certains lacs italiens. J'ai autrefois fait la remarque que les deux théories de la différenciation *in loco* d'organismes côtiers et de la migration passive ne jettent aucune lumière sur ce point important. Les lacs de Brianza et de Varéze, qui ont eu des rapports avec

les fiords des lacs de Como et Majeur, renferment des formes pélagiques, bien que leurs eaux soient moins profondes que celles du lac artificiel de Mantoue et du lac orographique de Perugia ou Trasimène. Les études surtout de M. Imhof sur la faune des lacs alpestres montrent que même à de grandes altitudes, la vie y pullule. On ne voit donc guère de raison pour que cette loi soit atteinte et rompue à l'égard de quelques espèces, dans les lacs moins élevés de Ritom et d'Alleghe. Le lac de Toblino, qui manque de formes pélagiques, a une petite étendue; mais le lac d'Alterio, qui en renferme, n'a point une surface plus grande. La cause? Le Toblino est un lac récent : un éboulement a barré le fleuve qui traversait le bassin aujourd'hui occupé par le lac. Mon ami Forel n'a donc pas démoli un seul de mes arguments négatifs. Il déclare, cependant, garder sa première opinion sur la genèse de la faune pélagique; il voudra aussi permettre que je reste dans la mienne.

Il est vrai que la théorie de la migration s'est ravivée par les recherches d'autres naturalistes. M. Jules de Guerne se mit à l'œuvre pour la renforcer, cela à l'appui de recherches très nombreuses sur toutes les parties extérieures des oiseaux aquatiques. Il n'hésite point à admettre que ces oiseaux sont la cause de la grande dissémination des organismes d'eau douce de type plus ou moins marins. Cependant, le transport des formes pélagiques par les oiseaux l'intrigue, si bien qu'il avoue que son hypothèse laisse là-dessus passablement de doutes. Malgré cet aveu, il persiste dans son idée première. D'après les observations de Imhof et comme ma longue expérience me l'enseigne, les plumes des oiseaux aquatiques sont très propres, pourvu qu'on ne les manie pas. Il en suit natu-

rellement que les oiseaux doivent vite se débarrasser des objets étrangers, qui, par divers motifs, ne peuvent s'attacher que difficilement à leur corps. Comment le transport d'œufs par leurs plumes suffirait-il à expliquer le peuplement des lacs alpestres, qui lors de l'époque de migration des oiseaux ne se trouvent pas encore en dégel ou sont déjà gelés? D'un autre côté, l'analogie ou l'identité des faunes pélagiques dans les lacs de toute l'Europe et de l'Amérique, est un fait d'ordre supérieur et ne peut découler d'une cause absolument *accidentelle*, comme la dissémination par les oiseaux. Si cette cause était la vraie et unique, il est évident que les lacs rapprochés et placés sur la même ligne de migration des oiseaux, comme le sont par exemple les lacs de Mantoue, de Garda, de Toblino, seraient forcément et toujours, peuplés par la même faune. Or cela n'est point. M. de Guerne prétend que les animaux lacustres à type marin, ne paraissent, la plupart, ni assez eurythermes, ni surtout assez eurhyalins, pour s'adapter à des conditions d'existence entièrement nouvelles. On sait cependant, que la *Leptodora* vit dans les fiords et les barènes de la Baltique, le *Bythotrephes longimanus* dans le fiord Malären, que le *Ceratium hirundinella*, l'*Anuræa cochlearis*, etc., peuplent les golfes de la mer du Nord. Un congénère de ce *Bythotrephes* habite la mer d'Azof; les *Podon*, qui lui sont très voisins, sont des formes exclusivement marines. Certes, la transformation d'un bras de mer en un lac d'eau douce n'a pu se faire d'un saut, mais elle s'est accomplie avec lenteur, comme cela a dû, par conséquent, arriver pour les conditions de vie.

MM. Nordqvist et Zacharias imaginent des transports possibles non seulement d'œufs, mais aussi d'animaux vivants, qui s'attacheraient aux plumes des oiseaux par

leurs organes d'adhésion tout spéciaux. Il est évident que cette opinion se réfute facilement par les mêmes remarques que j'ai faites plus haut, à l'égard du transport d'œufs. Elle est de plus battue par ce fait : les lacs-cratères, que Nordqvist et Zacharias citent, manquent de spongilles et de *Bythotrephes,* lesquels sont pourvus, on ne peut mieux, d'organes adhésifs.

M. Zacharias pense encore que le transport d'œufs d'animaux pélagiques peut se faire dans le tube digestif des oiseaux et leur dissémination par les fèces de ces derniers, dont la culture lui montre la présence de germes de Mollusques et d'Infusoires. Cette théorie, que j'appellerai volontiers *stercoraïre,* de M. Zacharias a les mêmes défauts déjà énoncés.

On a aussi discuté sur la probabilité de dissémination par les poissons qui se nourrissent d'Entomostracés pélagiques. Cela est assurément bien possible; mais quels sont les poissons qui sont à même de pourvoir à cette importation et de se répandre dans tous les lacs où nous trouvons actuellement des animaux à type marin? Il s'agit de corégones, d'aloses ayant eux-mêmes une origine franchement marine, duement constatée. Ces poissons se trouvent actuellement cantonnés dans les lacs subalpins. L'orographie moderne les empêche de quitter ces lacs et forme en même temps un obstacle absolu à de nouvelles immigrations depuis la mer. M. Fatio l'a bien montré pour les corégones suisses au nord des Alpes. J'ai mis en relief le même fait pour les aloses des lacs insubriens.

M. R. Credner, professeur de géographie à l'Université de Greifswald, est encore plus absolu que Weismann, Forel, de Guerne, etc. Credner pense que les formes *relictæ*

doivent être mises de côté, car elles n'existent pas. La théorie de l'isolement est, d'après lui, absurde, et il tâche de la démolir dans une monographie sur les soi-disant *Relictenseen*. Il est fâcheux pour sa manière de voir, qu'il ne porte contre l'*argumentum faunisticum* que des compilations ou des répétitions sur des faits observés par les autres et mal interprétés. La seule objection qui semblerait avoir quelque valeur est que la faune lacustre ne compte aucun Mollusque de type marin. Mais l'on voit facilement qu'il ne faut pas s'étonner de ce manque de Mollusques, car ces animaux, même à l'époque actuelle, ne s'adaptent point à un milieu différent, mais ils sont toujours attachés à une demeure spéciale et ne se montrent point du tout eurhyalins. On voit d'ici que l'eurhyalinité est un argument à double emploi et plus favorable à ma théorie qu'il n'est contraire, malgré ce que de Guerne en pense. N'oublions jamais cet axiome biologique : *s'adapter ou mourir*. Faute de pouvoir s'adapter, les mollusques ont suivi la mer dans sa retraite, ou ils ont péri emprisonnés dans un lac. Par contre, certains Mammifères, Poissons, Entomostracés, Vers, Cœlentérés, Protozoaires marins, jouissant d'une faculté prononcée d'adaptation, ont petit à petit éprouvé des modifications utiles, par lesquelles ils ont continué leurs générations jusqu'à nos jours et restent comme des témoins qui nous éclairent sur la genèse des faunes lacustres et même sur l'origine d'un grand nombre de lacs.

SOIXANTE-DOUZIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

LUGANO

Les 9, 10 et 11 septembre 1889.

La Société helvétique des sciences naturelles s'est réunie cette année-ci pour la troisième fois à Lugano où elle avait déjà trouvé l'hospitalité en 1833 et en 1860, et où elle a reçu cette fois encore l'accueil le plus gracieux et le plus chaleureux. La petite ville tessinoise si coquettement située dans un paysage incomparable au bord de son ravissant lac, s'était richement parée de drapeaux et de banderolles comme pour un jour de fête patriotique, montrant par là que la population tout entière s'associait à la réception faite aux savants étrangers et suisses et entendait donner libre essort à sa fibre patriotique en voyant venir au milieu d'elle ses confédérés amis de la nature. Le comité annuel a fait grandement les choses, le temps a fait le reste et ce qui vaut mieux encore cette réunion laissera après elle non seulement des souvenirs charmants,

mais un fruit durable, une création importante. La section tessinoise formée pour la circonstance, ne s'est pas contentée de cette existence éphémère, mais s'est constituée d'une manière définitive en *Société tessinoise des sciences naturelles* comptant déjà un nombre fort respectable de membres. Ses aînées des autres cantons souhaitent à cette jeune sœur longue vie et prospérité. Quant à la Société helvétique elle se félicite tout particulièrement de voir si bien atteint en cette circonstance le but essentiel auquel elle tend, féconder au point de vue de la science le terrain sur lequel elle se porte et répandre partout dans notre petite patrie, le goût et l'étude de la nature.

Environ une centaine de membres de la Société auxquels se sont joints quelques savants étrangers ont pris part à la session de cette année. Celle-ci a commencé comme d'habitude par la séance préparatoire administrative des délégués des sections cantonales qui a eu lieu le 8 septembre au soir. La première assemblée générale tenue le 9 au matin a été ouverte par un très intéressant et substantiel discours de M. le colonel Fraschina, président du Comité annuel, suivi de plusieurs communications scientifiques importantes. Le 10 septembre a été consacré aux séances des sections correspondant aux différentes branches des sciences. Enfin la seconde assemblée générale, dans laquelle on a entendu encore plusieurs travaux intéressants, a clos le 11 septembre la partie officielle de la session.

Le programme de ce charmant congrès a été complété par les banquets et les réunions familières toujours pleins de cordialité et d'entrain, par une promenade en bateau à vapeur dans les différentes parties du lac, suivi au re-

tour à Lugano d'une admirable fête vénitienne avec musique et chœurs, par une course à Mendrisio et à Ligornetto avec visite à l'atelier du célèbre sculpteur tessinois Vela.

Tous ceux qui ont assisté à cette réunion en ont rapporté les plus agréables souvenirs. Nous tenons à exprimer ici notre reconnaissance au Comité annuel, tout particulièrement à son aimable et vénérable président, M. le colonel Fraschina, à M. le D[r] prof. Ferri, vice-président, aux secrétaires MM. les D[rs] Pedotti et Vassalli, au gouvernement du canton du Tessin, à la municipalité et à la population de Lugano.

Nous allons rendre compte maintenant des communications scientifiques présentées à cette session en les rangeant suivant les branches de la science auxquelles elles se rapportent.

Physique et Chimie.

Président : M. Ed. Hagenbach-Bischoff, prof. à Bâle.
Secrétaire : M. A. Riggenbach, prof. à Bâle.

Ed. Sarasin et Luc. de la Rive. Sur les oscillations électriques rapides de M. Hertz. — Giac. Bertoni. Constitution de la santonine. — G. Bertoni. Quelques nouveaux fluorhydrates des bases organiques. — D[r] Emden. Sur le grain du glacier. — A. Mousson. Contribution à l'étude des glaciers. — Hagenbach-Bischoff. Même sujet. — F.-A. Forel. Observations sur l'écoulement des glaciers.

M. Ed. Sarasin, de Genève, présente un rapide résumé d'ensemble des belles expériences de M. Hertz *sur*

les oscillations électriques rapides que M. Lucien DE LA RIVE et lui se sont appliqués depuis un certain temps déjà à reproduire.

M. LUC. DE LA RIVE, de Genève, expose ensuite plus spécialement les résultats que M. SARASIN et lui ont obtenus dans ces recherches qui ont consisté surtout dans la répétition pure et simple des premières expériences de M. Hertz. Pour celles de ces expériences qu'ils ont pu reproduire jusqu'ici ils ont obtenu la confirmation exacte des faits énoncés par ce savant. En les variant sur un point, ils sont arrivés cependant à des faits nouveaux desquels il semble ressortir que les oscillations électriques rapides de M. Hertz présenteraient une *résonance multiple*[1]. Ils continuent du reste l'étude de ce point intéressant.

M. G. BERTONI, professeur à l'Université de Pavie, communique ses recherches *sur la constitution de la santonine* qu'il regarde comme un dérivé de l'anthracène. Il a soumis la santonine à l'action de une ou plusieurs molécules d'anhydride phosphorique ou de sulfate monopotassique dans l'intention d'en enlever tout ou partie de l'oxygène sous forme d'eau et en obtenant des composés qui ont les caractères des dérivés de l'anthracène. Parmi ces derniers se trouve une substance bien cristallisée fusible à 116° et sublimable à 135° dans un courant d'anhydride carbonique sec. Ce produit par ses caractères chimiques et la fluorescence bleue qu'il offre à l'état li-

[1] Voir pour ce travail, *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXII, p. 283.

quide et son alcalinité appartient au groupe de l'anthranol.

M. Bertoni annonce ensuite qu'il a préparé les *fluorhydrates de quelques bases organiques* telles que la piridine, la piperidine, etc. Il présente aussi un fluorhydrate d'hydroxylamine obtenu par double décomposition du chlorhydrate par le fluorure d'argent. C'est un sel bien cristallisé (système monoclinique) sublimable en magnifiques lamelles irrisées, non déliquescentes, solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool absolu ou de concentration moyenne. Ce produit se dissout dans l'alcool dilué de $^2/_3$ d'eau, il est fusible vers 45° et forme facilement des solutions sursaturées.

M. le Dr R. Emden de St-Gall rend compte à la section de ses recherches *sur la formation du grain du glacier*.

Jusqu'en dernier lieu on a fait remonter la production et la croissance du grain du glacier à des causes spéciales ayant leur siège dans le glacier lui-même comme tel. Ce n'est que dernièrement que MM. Hagenbach et Emden ont soutenu l'idée que ce phénomène résultait d'une propriété de la glace en général et qu'on devait y voir une transformation moléculaire qui s'accomplit dans toute masse de glace.

Chaque morceau de glace constitue ou un seul cristal ou un assemblage de petits cristaux. Dans ce dernier cas les molécules de glace ne sont pas dans un état d'équilibre stable, comme lorsqu'elles constituent les éléments d'un cristal unique. Si alors les mouvements des molécules sont suffisamment libres, ce qui est le cas pour une masse de glace dans le voisinage du point de fusion, l'as-

semblage de petits cristaux tendra à devenir un cristal unique; par transformation moléculaire graduelle la masse de glace prendra une structure granulaire de plus en plus grossière et se composera de cristaux de glace toujours plus gros, analogues par toutes leurs propriétés aux grains du glacier. Si ce point de vue est exact la formation du grain du glacier devra s'observer dans toute masse de glace au repos, maintenue à une température constante voisine de son point de fusion, et c'est ce qui résulte en effet de l'expérience suivante[1].

Un grand calorimètre à glace (longueur du cylindre de glace = 16 cm.) avait été rempli d'eau comme à l'ordinaire et celle-ci avait été amenée à la congélation. La glace ainsi produite était trouble et avait un aspect laiteux provenant de ce que par suite de sa structure cristalline très fine l'indice de réfraction différait en chaque point. Par place on distinguait nettement des aiguilles de glace bien développées. Ce calorimètre fut conservé pendant quelques semaines, au repos, dans de la glace fondante. Déjà au bout du second jour la masse était devenue sensiblement plus limpide (première preuve qu'il s'accomplissait une transformation moléculaire dans son intérieur). Le troisième jour la limpidité était parfaite et la structure était devenue granuleuse; les aiguilles de glace avaient disparu. Avec le temps les petits grains devinrent toujours plus grands et leur nombre de plus en plus petit. Au bout de sept semaines, pendant lesquelles l'expérience fut prolongée, la masse de glace se trouva entière-

[1] Le phénomène se produit fréquemment dans le calorimètre à glace et a déjà été observé dans ces circonstances par M. Bunsen, sans qu'un lien ait été établi entre ce fait et la formation du grain du glacier.

ment formée de grains dont une partie atteignait les dimensions d'une noisette et qui avaient toutes les propriétés des grains du glacier. Cette formation du glacier peut donc être expliquée par un phénomène de transformation moléculaire graduelle. Pour fixer les différentes phases de cette transformation l'auteur a pris de temps en temps des photographies de la masse de glace considérée. Ces photographies que l'auteur fait circuler dans l'assemblée donnent une idée très nette de la marche du phénomène.

Pour la production de glace de tous points identique à celle des glaciers il n'est donc pas besoin du phénomène glaciaire lui-même.

M. le prof. Albert MOUSSON, de Zurich, adresse à la section, par l'entremise de M. Hagenbach-Bischoff, une notice *sur le grain du glacier*. Ce savant, auquel l'étude des glaciers doit beaucoup dans le passé, continue en effet à vouer toute son attention à ce grand phénomène qui joue un rôle si important dans l'histoire naturelle de la Suisse. Il montre dans cette notice que chaque grain, comme le prouve l'examen optique, est un cristal complet auquel l'espace a manqué pour le développement régulier de sa forme extérieure. Les axes optiques des différents grains ont toutes les directions possibles, ce qui prouve que ces derniers se sont formés isolément et d'une manière tout à fait indépendante les uns des autres, pour se développer ensuite chacun dans la mesure où l'espace le permettait. L'origine des grains doit être cherchée dans la région des névés où l'eau provenant de la fusion superficielle, chassant l'air contenu dans la masse neigeuse, y pénètre de plus en plus et s'y congèle. Pendant la mar-

che du glacier, et sous l'action de la masse, les gros grains s'accroissent aux dépens des petits et cela grâce à la mobilité de leurs molécules, qui résulte d'une part, du roulement des grains les uns sur les autres pendant la progression du glacier et d'autre part, de l'action calorifique produit par le frottement; ces deux causes favorisent le libre jeu des forces de cristallisation.

M. le prof. Hagenbach-Bischoff déclare à son tour qu'il adopte les idées développées par M. Mousson, au moins dans leurs traits essentiels. Seulement il n'admet pas le rôle prépondérant que jouerait pour leur mobilité, et l'accroissement de leur forme cristalline le roulement des grains les uns sur les autres, car il est constaté que même dans de la glace entièrement au repos il y a production de grain et accroissement de celui-ci. On peut en effet observer ce phénomène sur de la neige restée longtemps sur le sol, dans de la glace conservée en cave, dans de la glace de grotte, etc. M. Hagenbach pense que le passage des molécules des plus petits aux plus grands cristaux peut, sans recourir à l'effet du mouvement, s'expliquer par la tendance à un état d'équilibre plus stable, comme il l'a développé dans son dernier mémoire sur la glace des glaciers [1].

M. Hagenbach aborde ensuite la question de l'air occlus dans la glace du glacier et le fait bien connu que les cristaux de glace contiennent fréquemment des bulles gazeuses; celles-ci sont plus nombreuses dans la partie supérieure du glacier que dans la partie inférieure, elles

[1] Ed. Hagenbach-Bischoff, Weiteres über Gletschereis, *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, VIII, p. 821.

tendent donc à disparaître pendant la marche. On peut admettre que les bulles d'air passent d'abord dans l'intervalle des cristaux et s'échappent sous l'action de la fusion quand elles arrivent à la surface du glacier. C'est M. Emden qui s'est surtout fait le défenseur de cette idée.

M. F.-A. Forel expose des observations *sur les glaciers* en particulier sur le déplacement annuel de la grotte artificielle du glacier des Bossons, qui semblent indiquer un chevauchement des couches de glace les unes sur les autres, suivant la direction des plans de la structure *(Blau blätter strucktur)*[1].

Botanique.

Président : M. le prof. Caruel, de Florence.
Secrétaire : M. le Dr Lenticchia.

Fondation d'une Société botanique. — Schröter. Le climat des Alpes et son influence sur la flore alpine. — Lenticchia. Phénomènes d'altération de l'eau du lac de Lugano. — Chodat. Monographie des Polygalées. — J. Rhiner. Exploration botanique des cantons primitifs depuis 1884. — Dr Bonardi. Diatomées des lacs Delio et Piano. — Lenticchia. Espèces de Phanérogames nouvelles pour le Tessin. — Dr Ed. Fischer. Polyporus sacer. — Dr Ed. Fischer. Aecidium magellanium. — R. Chodat. Fleur des Sempervivum. — R. Chodat. Puccinia Scirpi. — Prof. Schröter. Note sur l'anthèse de quelques Ombellifères. — Cavara. Le Brassica robertiana dans l'Apennin. — Cavara. Champignons parasites. — Mari. Catalogue des mousses de Lugano. — Calloni. Cleistogamie du Viola cucullata. — Calloni. Notes morphologiques sur les Berbéridées. — Supplément. Prof. Schröter. Herborisation à la Grigna.

Les membres de la section de botanique ont décidé,

[1] Voyez *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXII, p. 276.

sur la proposition de MM. Fischer et Schröter, la fondation d'une *Société suisse de botanique* dont les assemblées coïncideront avec les réunions de la Société helvétique des sciences naturelles et seront accompagnées d'excursions, comme c'est actuellement le cas pour la *Société géologique.* M. le Dr Christ de Bâle est président du comité provisoire d'organisation.

Dans la première assemblée générale M. le prof. SCHRÖTER a présenté quelques considérations sur *le climat des Alpes et son influence sur la végétation alpine.*

Nulle part chez nous l'adaptation des plantes aux conditions climatériques ne se montre aussi distinctement que dans la région alpine. Nous possédons des documents exacts sur le climat des Alpes, grâce surtout aux travaux de MM. Hann, Billwiller, F. de Kerner et autres; les particularités de la flore alpine et leurs relations avec le climat ont été étudiées soigneusement par MM. A. de Kerner, Christ, Heer et autres. Il est intéressant de passer en revue toutes ces relations, et de donner un court résumé de l'état de la question.

Les caractères du climat alpestre sont les suivants:

La moyenne annuelle de la température de l'air à l'ombre est peu élevée (de 1 à—7° C.).

L'insolation de jour et la radiation de nuit est grande, d'où dérive une forte oscillation de la température.

La température du sol est relativement élevée.

La couche de neige est épaisse (5 à 17 m.) et dure longtemps.

L'humidité du sol est grande et constante, grâce à la fonte des neiges, aux brouillards fréquents et aux rosées.

L'humidité de l'air est très variable.

La force d'évaporation est souvent très grande.

Le mouvement de l'air est fort.

La période de végétation a les caractères suivants :

Elle est courte (un à quatre mois).

Elle commence tard (mi-juin à mi-août).

Elle commence avec une température relativement élevée.

Elle est souvent interrompue par des gels et des chutes de neige.

Les différents caractères de la flore alpine se rapportent aux conditions spéciales de vie qui viennent d'être énumérées soit d'une manière positive, soit avec vraisemblance.

L'influence de ce climat spécial se fait sentir de deux manières différentes soit en amenant des modifications dans la forme des plantes, soit en éliminant par sélection naturelle les formes mal adaptées.

Nommons d'abord les faits qu'on peut attribuer à l'influence de la courte durée de la période de végétation.

a. La plupart des plantes alpines sont vivaces, et sont ainsi mieux à même de profiter dès le début de la chaleur de l'été.

b. Beaucoup de plantes alpines ont des fleurs précoces : celles-ci sont plus sûres d'arriver à maturité. La température relativement plus élevée du sol, et la haute température de l'air près de la neige fondante y contribuent sans doute aussi.

c. Plusieurs plantes alpines montrent dans leurs feuilles une organisation destinée à favoriser le courant de transpiration (feuilles enroulées, Rollblätter de M. A. de Kerner).

d. Beaucoup ont des feuilles persistantes.

L'intensité de l'insolation agit comme source de chaleur et de lumière. Sous cette double influence :

e. Les sucs des cellules sont plus concentrés que dans la plaine ;

f. Les tiges restent courtes et les feuilles par suite serrées, caractère qui s'adapte également à la plus grande chaleur du sol et au poids des neiges entassées ;

g. Souvent la chlorophylle des feuilles est protégée contre l'intensité de la lumière par une couverture de poils ou une forte cuticule.

h. Les fleurs blanches et les glumes vertes de quelques graminées se colorent en rouge.

i. Dans les localités pierreuses exposées au soleil, on trouve dans les feuilles des moyens de protection contre le dessèchement, savoir : consistance succulente, glandes calcifères, induments blancs, consistance coriace et forte cuticule.

Un troisième groupe de particularités des plantes alpines peut dériver de la température peu élevée de l'air et de la température plus élevée du sol.

La courte taille des plantes alpines peut être regardée comme adaptation à cette chaleur protectrice du sol ; en même temps il est vrai, cette taille les aide à supporter le grand poids des neiges entassées. La chaleur du sol favorise en outre le grand développement des axes souterrains et demi-souterrains ; de là dérivent souvent un port gasonnant, la formation de touffes serrées, qui sont si caractéristiques pour la flore alpine.

Un effet direct du peu de chaleur de la courte période de végétation est l'extrême ténuité des couches annuelles des plantes ligneuses alpines (souvent ne dépassant pas 0,1 mm).

Comme moyen de protection contre le froid intense on peut citer : l'indument poilu des feuilles, leur structure

souvent coriace, et la longue durée des feuilles mortes qui enveloppent les tiges.

Les brillantes couleurs et la grandeur des *fleurs* forment un des caractères les plus attrayants de la flore alpine; mais leurs relations avec le climat sont encore très incertaines. On peut en dire ce qui suit :

Les fleurs alpines ne sont dans la plupart des cas pas plus grandes que celles de la plaine, mais elles *semblent* être plus grandes, parce que le corps végétatif est plus petit; elles ne sont donc que *relativement* plus grandes.

Ce fait peut être attribué à ce que la lumière alpine est plus riche en rayons ultraviolets (d'après J.-H. Weber de Zurich), c'est-à-dire en rayons florigènes (d'après Sachs), que la lumière de la plaine.

La rareté des insectes visitant les fleurs dans les Alpes, à laquelle Nägeli et autres ont voulu attribuer la beauté des fleurs alpines, ne semble pas exister d'après H. Müller de Lippstadt. Celui-ci constata que les fleurs alpines ne sont pas visitées moins fréquemment des insectes que les fleurs de la plaine, mais il a trouvé que la relation des groupes d'insectes est autre : dans la plaine prédominent les Hyménoptères, dans les Alpes les Lépidoptères. Cela explique la richesse de la flore alpine en fleurs bleues et rouges, parce que ces couleurs sont préférées par les Lépidoptères.

Dr A. Lenticchia. *Phénomène d'altération de l'eau du lac de Lugano*[1].

Dans la première moitié de mai 1887 le lac de Lugano

[1] Ce mémoire a été présenté aux sections de botanique et de zoologie réunies.

présenta un phénomène étrange qui ne s'était encore jamais vu. L'eau se troubla peu à peu, prenant une teinte jaunâtre, répandant une odeur fétide qui dans le voisinage du lac devint presque insupportable. Ce phénomène dura environ une semaine, puis l'eau redevint limpide et l'odeur disparut; il ne s'est pas reproduit l'année dernière, mais cette année à la même époque avec moins d'intensité. Cette fois-ci j'eus la bonne fortune d'assister à cette altération de l'eau et d'en recueillir en divers points des échantillons.

L'eau commença à se troubler vers le 14 mai à Lugano après plusieurs jours de pluie; le phénomène dura deux jours, diminua graduellement et disparut le 19; pendant sa durée il est intermittent. Vers 9 h. du matin l'eau commence à jaunir et à se troubler, surtout lorsque l'air est calme, humide et chaud; le vent et l'abaissement de la température diminuent ou même empêchent complètement l'altération; vers le soir l'eau redevient claire et reste ainsi jusqu'au lever du soleil; au plus fort du phénomène elle est jaunâtre et mucilagineuse, ressemblant à de l'huile impure de foie de morue; elle exhale une odeur d'herbes macérées. Ajoutons que l'on sent cette même odeur chaque fois que le temps est très chaud, c'est pourquoi il faut la considérer comme un indice de l'état avancé de décomposition des matières organiques accumulées dans le lac (qui peut être une condition favorable à sa production). L'eau n'était altérée que le long de la rive, à la distance de 75 mètres de celle-ci et égale dans toute la profondeur, du moins près de Lugano. Dans le reste du lac, on n'observe pas ce phénomène dans les bras méridionaux et faiblement à Mélide. Je sais que cette année il fut assez prononcé à Porlezza et à Cima.

Il reste à déterminer la nature des matières contenues dans l'eau. Si l'on examine l'eau troublée au microscope, on découvre une infinité de corpuscules ronds, jaunes, brillants, enveloppés de matières muqueuses. Cette eau abandonnée 2 h. environ dans une bouteille fermée devient limpide et forme un dépôt jaune composé de ces corpuscules.

Dans l'eau très trouble, parmi ces corpuscules, on découvre de nombreux corps sphériques plus grands, sortes de vésicules jaunes, pleines de granulations qui peu à peu prennent la forme et la dimension des corpuscules eux-mêmes. Traités avec de l'eau iodée, ils ne revêtent pas la couleur violacée de la cellulose. Ce résultat fut confirmé par le professeur Ardissone.

Dans les premiers corpuscules que nous avons signalés et qui ont à peu près la dimension des globules sanguins et représentent de vraies cellules à protoplasme jaune, il me semble reconnaître des protozoaires. Les corps ronds plus grands seraient, d'après ma façon de penser, des corpuscules qui, ayant atteint leur complet développement, produisent des germes intérieurs, suivant le mode de reproduction habituel des Amœba.

L'altération progressive de l'eau ne peut s'expliquer mieux que par la multiplication graduelle de ces organismes à mesure qu'elle se réchauffe. L'eau peu altérée ne contient que des corpuscules; l'eau plus altérée contient en outre des vésicules d'un plus grand diamètre. Le refroidissement de l'eau et plus encore le manque de lumière ralentissent la vie de ces organismes qui vont au fond pour se relever de nouveau, dès que l'eau acquiert les conditions favorables à leur développement.

Espérons que dans la suite la reproduction du phéno-

mène permettra de faire des recherches plus complètes sur la nature de ces matières.

M. R. Chodat. *Monographie des Polygalacées,* 1re partie, genre Polygala.

Résultats généraux : La racine primaire est toujours formée par un faisceau ligneux unique flanqué de deux faisceaux libériens latéraux. Ces faisceaux sont appuyés sur l'assise périphérique unique, qui elle-même est entourée d'un endoderme à parois striées. L'écorce primaire est assez considérable. Chez *P. chamaebuxus* la coiffe et le périblème et dermatogène ont des initiales communes, le plerome les siennes propres.

Le développement secondaire de la racine dérive directement du tissu primaire, par adjonction de nouveaux éléments aux anciens. Le bois forme alors un cylindre central entouré d'un anneau de liber. Les racines sont toujours dépourvues de fibres libériennes. L'endoderme est détruit et il se forme souvent une écorce secondaire au moyen d'un phellogène cortical. Les éléments qui constituent le bois sont principalement des vaisseaux ponctués et des fibres ligneuses ponctuées en grand nombre. Les racines sont fibreuses, pivotantes ou tuberculeuses renflées.

Chez ces dernières on remarque deux modifications possibles : 1° le renflement est dû uniquement à l'écorce qui a pris un développement inusité *(P. Violioides)*. Dans cette écorce on trouve de l'amidon, c'est donc un organe de réserve. 2° Le renflement est dû à la fois au cylindre central et à l'écorce; le premier se divise en un faisceau central et en un nombre considérable de faisceaux secondaires, séparés par du parenchyme (*P. Michelii* Chod.).

Dans ces racines l'amidon manque presque toujours, sauf chez *P. Violioides*. On y trouve à la place des sucres, de l'huile, des glycosides (saponine ou sénégine). Le développement des racines est en rapport direct avec la surface transpiratoire. Les plantes ophylles ou subophylles n'ont que des petites racines fibreuses, tandis que celles qui ont beaucoup et de grandes feuilles ont un système radiculaire très développé.

L'axe hypocotylé est plus ou moins développé suivant les espèces. Chez *P. chamaebuxus* il est allongé, court chez *P. vulgaris, P. setacea*. Il possède un endoderme distinct comme la racine, mais s'en distingue par la présence d'un épiderme bien défini. Le faisceau central primaire de la racine se divise en deux pour passer dans l'axe hypocotylé et forme ainsi un anneau ovale entourant une nivelle centrale (différence d'avec la racine). Les cotylédons sont entiers, obovales et ont une structure semblable à celle des feuilles. Ils persistent quelquesfois (*P. leptostachys, P. setacea* et autres espèces américaines), ils sont toujours épigés. La structure de la tige est semblable à celle de l'axe hypocotylé. Les espèces de la section du *P. major* n'ont point de fibres libériennes tandis que le plus grand nombre des espèces exotiques en sont pourvues (exception *P. arenaria* Willd.). La forme, le nombre, l'arrangement de ces fibres libériennes dans l'écorce sont variables d'une espèce à l'autre et peuvent dans des cas douteux servir de caractère distinctif. Il n'y a point de collenchyme. L'épiderme est simple. Les poils ne sont jamais composés, toujours unicellulaires et ordinairement chagrinés.

Les feuilles sont ou monofaciales ou bifaciales. Leurs faisceaux sont orientés normalement et sont le plus

souvent accompagnés d'un arc de sclérenchyme, quelquefois d'un anneau à peu près complet (*Moutabea*). Il y a quelquefois des cellules sclérifiées traversant toute la feuille, d'une page à l'autre (*Moutabea*). On n'y trouve point d'amidon mais des sucres et de l'huile et parmi ces premiers une nouvelle substance isomère à la quercite, la polygalite $C_6H_{12}O_5$, substance que l'auteur a découverte dans *P. amara* et à laquelle il attribue le rôle de substance de réserve. Il la considère comme un produit dérivé de la mannite ou d'une nomannite par perte de H_2O. Cette substance est cependant incapable de former de l'amidon dans les cultures de feuilles selon la méthode Böhm, Meyer, etc.

Beaucoup d'espèces contiennent de la saponine, en plus ou moins grande quantité.

Le développement anormal de la tige est déjà connu pour les *Securidica* par les travaux de F. de Müller : l'auteur a observé des anomalies semblables chez le genre *Moutabea*.

La naissance et le développement de la fleur ont déjà été décrits par l'auteur (notice sur les Polygalacées). Les anthères sont à deux (*P. vulgaris*), ou à trois (*P. chamaebuxus*), logettes, qui se confondent en une seule loge. La déhiscence des anthères se fait par une fente et non pas par pore comme on le dit très souvent. Les grains de pollen ont une structure particulière qui est générale pour tous les genres de la famille, même les plus anormaux ; elle permet d'exclure les kramériacés de la famille des Polygalacées, qui en diffèrent par plusieurs autres caractères. Ce caractère permet aussi de dire que les Trémandrées ne représentent pas le type Polygalacé régulier, car les Trémandrées ne l'ont pas du tout. Le

noyau pollinique se divise de bonne heure en deux ; il y a formation d'une cellule végétative et d'une cellule reproductive. La germination du pollen se fait d'ordinaire par la bande équatoriale amincie. Le sac embryonnaire se forme normalement. La cellule embryonnaire (œuf) est toujours très grande. Le caractère de l'albumen pour la séparation des genres ne vaut pas grand'chose, car dans le genre *Polygala* il y a toutes les transitions possibles. L'albumen, quand il existe, n'est jamais farineux, mais huileux. On remarque quelquefois des grains d'alemone bien cristallisés (*P. Benetti* Chod.). L'auteur explique encore quelques particularités intéressantes de la fleur, il montre que la glande hypogyne de *P. chamaebuxus* n'est que le rudiment d'un disque circulaire complet qui s'observe chez les espèces asiatiques de ce groupe, et comme il l'a déjà démontré précédement chez *P. floribunda* (Amérique) et chez les genres *Securidaca*, *Xanthophyllum* et *Moutabea.*

Un autre caractère important c'est celui de la connivence des deux pétales supérieurs avec l'androcée, caractère qui est absolument constant. Beaucoup d'auteurs, entre autres M. A. W. Bennet M. A. admettent sans raisons que les deux pétales qui accompagnent la carène chez *Monina* sont les pétales latéraux qui manquent plus ou moins dans les Polygalacées. Cette opinion est erronée, car chez presque toutes les *Monina* (sinon chez toutes) les deux pétales latéraux sont nettement développés sous forme d'écailles. Ces pétales réduits sont d'ailleurs assez communs chez *Polygala ;* l'auteur les a retrouvés chez un grand nombre d'espèces.

L'auteur passe ensuite à l'étude systématique du genre *Polygala.* Ce genre compte plus de 350 espèces, qui se

laissent grouper en sections naturelles si l'on tient compte des caractères suivants : forme du stygmate, absence ou présence d'une crête sur la carène, longueur des filaments staminaux libres, forme des pétales supérieurs, caducité des sépales à la maturité, forme et induments des semences et de leur acille. L'auteur s'est borné dans cette communication à quelques points essentiels et généraux, le sujet étant trop vaste pour pouvoir être traité succinctement.

M. J. Rhiner, de Schwytz. *Exploration botanique des cantons primitifs depuis 1884.*

Depuis la communication faite par M. Rhiner à Lucerne, en 1883, les recherches, dans la région qui l'occupe, ont été moins actives que précédemment; plusieurs de ses collaborateurs ont quitté le pays, d'autres sont morts. Cependant les études ont continué et ont donné des résultats, soit comme stations nouvelles d'espèces déjà connues, soit comme espèces nouvelles pour la région. Citons en particulier : *Rubus plicatus* dans les tourbières de Geissboden, Walschwilerallmend, etc. (Hofstetter), *Malaxis paludosa*, près d'Einsiedeln; *Carex microstyla* Gay, à l'hospice du Saint-Gothard (Hegetschweiler); *Carex strigosa*, à Frauenthal, dans le canton de Zurich et près de Lucerne (Hofstetter); *Hierochloa odorata* (qui devient toujours plus rare par suite de l'exploitation de la tourbe), au Schachen, près d'Einsiedeln; *Festuca amethystina* L., en diverses localités entre Lungern et Stanz; *Festuca nigricans* Schl. Arnischeideck; *Botrychium matricariæfolium*, près d'Altorf, quelques Potentilles (*P. longifolia*), des *Euphrasia*, etc.

D'après ces recherches et d'après les ouvrages de Koch

et de Gremli, M. Rhiner compte actuellement 1270 espèces vasculaires dans le canton d'Uri, 1200 à Schwytz, 1170 à Unterwald, 970 à Zoug, et dans ces quatre cantons réunis 1480 (Suisse entière 2270, Valais 1820, Vaud 1760, etc.).

M. le Dr Ed. BONARDI. *Diatomées des lacs de Delio et de Piano.*

L'auteur présente, non pas un travail complet, mais une simple contribution à l'étude des Diatomées de ces lacs ; les matériaux en ont été fournis par le prof. Pavesi, de Pavie, qui lui-même s'occupe spécialement de la faune de ces lacs.

LAC DE DELIO.

a. Espèces côtières (fange).

1. *Achnanthes delicatula* Ktz.
2. » *exilis.*
3. *Amphora fluminensis.*
4. *Amphiprora* sp.
5. *Cocconeis pediculus* Ehr.
6. *Colletonema neglectum* Th.
7. *Cymbella flexella* Bab.
8. » *gracilis* Ehr.
9. *Denticula elegans* Ktz.
10. *Epithemia argus* Ehr.
11. *Fragilaria capucina* Desm.
12. *Gomphonema acuminatum* Ehr.
13. » *capitatum* Ehr.
14. » *constrictum* Ehr.
15. *Himanthidium pectinale* Ktz.
    Var. *minus* Grün.

16. *Himanthidium pectinale* Ktz.
Var. *undulatum* Brun.
17. *Melosira granulata* Ehr.
18. » *distans* Ehr.
19. » *orichalcea* Mut.
20. » *varians* Ag.
21. *Navicula affinis* Ehr.
22. *Navicula affinis* Ehr.
Var. *amphirhynchus* Brun.
23. *Navicula bacillum* Ehr.
24. » *cryptocephala* Sm.
25. » *gibba* Grün.
26. » *gracillima* Pritsch.
27. » *oculata* Breb.
28. » *rhynchocephala* Ktz.
Var. *leptocephala* Brun.
29. *Navicula vulgaris* Heib.
30. *Pinnularia oblonga* Rab.
31. » *nobilis* Ehr.
32. » *viridis* Rab.
33. *Synedra acus* Ehr.
34. *Stauroneis anceps* Ehr.
35. *Tabellaria flocculosa* Roth.

Les espèces les plus communes sont *Tabellaria flocculosa* Roth, *Melosira varians* Ehr., *M. distans* Ehr. et *Navicula appendiculata* Ktz.

b. Espèces pélagiques (eau et débris végétaux).

Je n'ai pu découvrir aucune des espèces communément répandues dans ces conditions biologiques, telles que *Fragilaria pecten* Cast., *Cyclotella operculata* Ag., *Asterionella formosa* Hass., etc.

Lac de Piano.

Eau un peu fangeuse et débris de feuilles de *Nymphea.*

1. *Achnanthes exilis* Ktz.
2. *Amphora ovalis* Ktz.
3. *Cymatopleura apiculata* Pritsch.
4. » *elliptica* Brit.
5. *Cymbella caespitosum* Ktz.
6. » *Ehrenbergii* Ktz.
7. » *lanceolatum* Ehr.
8. *Cymbella variabilis* Warten.
9. » *cymbiforme* Breb.
10. *Cyclotella operculata* Ag.
11. *Cocconeis pediculus* Ehr.
12. *Cocconeis helvetica* Brun.
    Var. *acuminata mihi.*
13. *Cocconeis placentula* Ehr.
14. *Diatoma elongatum* Ag. et Sm.
15. » *Ehrenbergii* Ktz.
16. *Epithemia argus* Ehr.
17. » *zebra* Ehr.
18. *Fragilaria capucina* Desm.
19. » *mutabilis* Grün. et Sm.
20. *Gomphanema capitatum* Ehr.
21. *Himanthidium arcus* Ehr.
22. *Melosira varians* Ag.
23. » *distans* Ehr.
24. *Meridion circulare* Ag.
25. *Navicula amphigomphus* Ehr.
26. » *appendiculata* Ktz.
27. » *perpusilla* Grün.
28. » *affinis* Ehr.
    Var *amphirhynchus* Brun.

29. *Navicula rhynchocephala* Ktz.
    Var. *leptocephala* Brun.
30. *Navicula affinis* Ehr.
31. » *vulgaris* Heib.
32. » *mutica* Ktz.
33. » *pusilla* Sm.
34. *Nitzschia acicularis* Rab.
35. » *linearis* Sm.
36. » *sigmoidea* ? Sm.
37. *Odontidium hyemale* Lyngb.
38. *Pleurosigma attenuatum* Sm.
39. *Pinnularia Breleissonii* Ktz.
40. » *nobilis* Ehr.
41. » *oblonga* Rab.
42. *Raphoneis marginata* Grün.
43. *Synedra tenuis* Ktz.
44. » *ulna* Ehr.

Ces espèces sont assez répandues, toutefois sans qu'aucune d'entre elles soit absolument commune. Les plus fréquentes sont les espèces du *G. Melosira*, *Cyclotella operculata* Ag., *Nitzchia linearis* Sm. *Cocconeis placentula* Ehr. Quelques individus du genre *Cocconeis* se rapprochent par leurs dimensions (15 à 20 microm.), par le nombre des stries (15-20), par leur disposition et leur apparence générale, du *Cocconeis helvetica* Brun.; ils s'en distinguent par leurs pôles acuminés et par le raphé un peu moins large et proéminent. Je pense qu'il faut faire de ces plantes une variété *acuminata* du *Cocconeis helvetica* Brun.

M. le Dr A. Lenticchia. *Espèces et variétés de phanérogames nouvelles pour le Tessin et pour la Suisse.*

Taraxacum lævigatum DB, sur des rochers entre Castagnola et Gandria.

Specularia hybrida ADC. Arogno.

Epilobium rosmarinifolium Hænke, au pied du San-Salvatore, Greto della Maggia, etc.

Myosotis hispida Schlecht., environs de Lugano.

Cerastium brachypetalum Desf., environs de Lugano, Ponte Cassarina, Viganello, etc.

Leontodon incanus Schrank, sur des roches calcaires, entre Menaggio et Nobialo, tout près des frontières du Tessin.

Teucrium Marum L., roches à Gandria.

Variétés nouvelles de phanérogames :

Oronis procurreus Wallr., var. *albiflora* (Schröder), cueillie en fleurs au-dessous de Breganzone, près de Lugano, en septembre. Fleurs blanches plus petites, feuilles plus étroites que dans le type. Variété nouvelle pour la Suisse.

Linaria cymballaria, var. *paliida* (Christ), forme nouvelle pour la Suisse, dont les caractères principaux sont les suivants : corolle blanche avec les protubérances jaunes; filaments blancs; anthères en forme d'U; style violet et ovaire rouge; pédoncules allongés, feuilles à lobes arrondis, légèrement mucronés au milieu. Cette variété a été récoltée sur un vieux mur près de Pregussona [1].

Solidago virga aurea L. var. *cambrica* Sm. Alpe grande di Bosco, Maggia.

Erigeron alpinus L. var. *intermedius* Schl. Forca di Boco, Maggia.

M. le Dr Ed. Fischer (Berne) présente quelques pho-

[1] *Linaria cymballaria*, var. *albiflora* d'après Schröder (lettre du prof. Lenticchia), pour ne pas faire de confusion avec *Linaria pallida Tenora*.

tographies d'un exemplaire de *Polyporus sacer* Fr., rapporté de l'île de Madagascar par M. le Dr Keller. Ce champignon croît sur un sclérotium dont la structure correspond à celle que Currey et Haubury (Linnean Transactions, vol. XXIII, p. 94) ont décrit pour le *Pachyma Cocos*.

M. le Dr Ed. FISCHER communique les résultats de quelques observations faites sur l'*Æcidium*, qui forme des *Hexenbesen* sur le *Berberis vulgaris*, et que M. Magnus a identifié avec l'*Æccidium Magellanicum* Berk.

M. R. CHODAT. *Fleur des Sempervivum.*

L'auteur décrit la genèse de la fleur des Joubarbes. Il démontre par ses observations que le premier verticille staminal naît normalement en alternance avec les pétales, mais que le second forme ses primordium entre ceux du premier verticille, mais plutôt vers le centre de la fleur que vers l'extérieur. Par un développement inégal les étamines du verticille extérieur (premier) s'avancent vers le centre en laissant celles du second verticille en arrière, de telle sorte que finalement le verticille staminal épipétale est extérieur, le verticille épisépale intérieur. La naissance des carpelles n'a lieu que lorsque le verticille staminal épisépale s'est fortement avancé vers le centre. Ce développement anormal influe sur leur position, car dans les fleurs normales les carpelles sont épipétales au lieu que suivant la loi de symétrie ils devraient être épisépales. L'auteur cite ensuite des cas de monstruosités dans lesquels les étamines épisépales ne se sont pas formées. Alors les carpelles naissent normalement, c'est-à-dire vis-à-vis des sépales. Ces observations ont un intérêt général

en ceci qu'elles démontrent que la position d'un verticille est déterminée par la position ou le développement des autres verticilles.

M. R. Chodat. *Sur le Puccinia Scirpi* DC.

M. Chodat décrit ce champignon et montre que sa forme aceidiale n'est autre que l'*Aceidium Nymphoïdis* DC. Ces conclusions sont tirées des observations faites par lui dans le Jardin botanique de Genève.

Prof. Schröter. *Notice préliminaire sur l'anthèse de quelques ombellifères.*

Chez l'*Anthriscus sylvestris* la fleur montre une protérandrie très prononcée avec stade intermédiaire neutre. Comme la fleur, chacune des ombellules andromonoïques, et enfin la plante entière passent par les trois stades d'abord mâle, puis neutre et à la fin femelle. Chez le *Chaerophyllum cicutaria* surtout le développement des étamines est tout à fait différent. L'auteur se propose de tenter une classification des Ombellifères suisses d'après les caractères de leur anthèse.

M. le prof. Cavara, de Pavie. Note sur une station nouvelle du *Brassica robertiana,* plante de la région méditerranéenne au centre de l'Apennin.

M. le prof. Cavara, de Pavie. Note sur un cas de double parasitisme chez les champignons.

M. le prof. Mari, de Lugano. Catalogue des mousses des environs de Lugano.

M. S. Calloni. Cleistogamie du *Viola cucullata*.

M. S. Calloni. Notes morphologiques sur les Berbéridées.

Ces cinq communications ont été présentées à la section de botanique par M. Calloni. Les manuscrits de ces notes ne sont pas arrivés à temps pour être imprimés avec le reste de la section. La rédaction des *Archives* espère pouvoir en donner un extrait plus tard.

RAPPORT

SUR UNE

EXCURSION BOTANIQUE A LA GRIGNA DI MANDELLO

le 4-7 septembre 1889,

PAR

MM. SCHRŒTER et FISCHER

Permettez-nous, Messieurs, de vous présenter un court rapport au sujet de l'excursion botanique à la Grigna, à laquelle invitait le programme de notre réunion. Les deux initiateurs de l'excursion y ont seuls pris part; il est probable que c'est la saison avancée et la crainte de ne plus rien trouver qui a empêché plusieurs de nos collègues d'y prendre part; cependant nous croyons qu'après avoir entendu notre rapport ils se repentiront de ne pas être venus.

Le premier jour de l'excursion à été consacré à la visite des bords du lac de Come (Menaggio, Bellagio) où nous avons récolté quelques plantes caractéristiques (*Adiantum capillus veneris, Hieracium porrifolium*, etc.). Le soir nous trouva à Lecco où la pluie nous a retenus jusqu'à l'après-midi du second jour. Puis nous nous ren-

dimes à Ballabio superiore, village situé dans le val Sassina au pied Est de la Grigna. Cette route n'est pas très-intéressante au point de vue botanique, cependant nous recueillîmes : *Adiantum capileus Veneris, Euphrasia lutea, Euphrasia ericetorum, Galeopsis pubescens, Centaurea Gaudeini Dianthus Seguien.*

A Ballabio inferiore, nous trouvâmes en la personne d'Angelo Locatelli un guide que nous pouvons chaleureusement recommander à tous les botanistes qui veulent visiter la Grigna. Non seulement il connaît bien la contrée, il est sûr et complaisant, mais aussi il a quelque connaissance des localités de plantes rares, vu qu'il a déjà accompagné plusieurs botanistes sur la Grigna.

L'itinéraire que nous avons suivi, en grande partie d'après les excellents conseils de M. Christ, à Bâle, était le suivant :

1. *Jeudi, 5 septembre.* De Lecco à Ballabio superiore et de là à l'alpe di Cavallo (en 1 $^1/_2$ heure de Ballabio).

2. *Vendredi, 6 septembre.* La Grigna erbosa (2174m.) (ou Grigna meridionale ou Monte Campione) en 8 heures et le trajet de là à l'alpe di Pertusio, située au pied de la Grigna sassosa, en passant par les alpes : Cassina, Campelli, Musciera, Chigniolo, Sasso dell' aqua, Cascina vecchia, la Cova, Stalle della Chiesa et Stalle della Costa (4 heures de marche).

3. *Samedi, 7 septembre.* Montée à la Grigna sassosa (ou Grigna settentrionale, ou Moncodine), jusqu'à la Bocchetta di Neria, environ 300 m. au-dessous du sommet (2410 m.), dont nous n'avons pas fait l'ascension à cause du mauvais temps ; puis descente très raide et pénible par le val Neria à Mandello au lac de Como (7 heures de marche).

Il est nécessaire pour cette course de prendre des vivres

pour deux jours, car la Grigna manque d'eau dans les hauteurs, et dans les huttes on n'est pas sûr de trouver du lait à tout moment; outre le guide, il est bon de prendre un porteur qui est utile aussi pour se charger des plantes récoltées. Nous avons payé 20 francs au guide et 10 au porteur. Les vivres se trouvent en bonne qualité chez Giovanni il mugnajo (Jean le meunier) à Ballabio superiore.

Par suite du brouillard, le temps n'était pas favorable pour la vue, mais d'autant plus pour l'herborisation et l'agrément du voyage. Par un temps chaud la course sur la Grigna avec ses pentes extrêmement raides et ses rochers escarpés doit être terriblement fatigante. Pour la descente de la Grigna sassosa à Mandello il faut être habitué à grimper sur les montagnes, et pour toute la course un guide est indispensable.

Donnons d'abord un aperçu sur les régions végétales en général. Il nous est cependant impossible de fournir des renseignements exacts sur les hauteurs absolues, parce que les anciennes cartes autrichiennes n'indiquent presque pas de hauteurs, et les nouvelles cartes italiennes n'ont pas encore paru.

En montant de Lecco à la Grigna on traverse les régions suivantes :

1. La région des châtaigniers qui se termine au-dessus de Ballabio superiore (ca 800 m.).

2. La région des hêtres, dans la partie inférieure, avec des bouleaux et des buissons de *Cytisus laburnus*, aulnes, noisetiers, etc., jusqu'à environ 1500 m. Il est remarquable que la région des sapins manque tout à fait. Pour un Suisse un autre fait très curieux est que les huttes des Alpes sont situées pour la plupart dans la

partie supérieure de la région des hêtres, ce qui est désagréable pour le touriste, parce qu'il doit passer la nuit dans des régions peu élevées.

Au point de vue agronomique on remarque le fait intéressant que la culture des prés et des pâturages (« Mattenwirthschaft und Weidewirthschaft ») sont mêlés ici d'une manière qui ne se retrouve nulle part en Suisse. Des prés gras et riches en herbes s'étendent partout jusqu'aux huttes alpestres et au-dessus ; le foin en est mangé à l'alpe par le bétail pendant l'été. Le bétail reste en étable de 5 heures du soir jusqu'à 10 heures du matin, et il passe la journée sur les pâturages qui se trouvent au-dessus des huttes. Dans les alpages de la Grigna le lait est partout employé pour la fabrication des fromages de Gorgonzola et de Straschino.

3. La troisième région est celle des pâturages et prés alpestres sans arbres, entrecoupés de rochers ; cette région commence à la limite supérieure des hêtres ; la région des sapins qui, dans les alpes suisses, sépare celle du hêtre de la région alpine, manque tout à fait ici ; c'est probablement la sécheresse qui en est la cause. Comme les pentes de la Grigna sont très escarpées, nous ne trouvons dans les parties supérieures que des prés à faucher, les pâturages y manquent, ce qui est bien favorable pour la richesse de la flore.

La végétation de la Grigna a été si bien explorée par *Reuter* [1], *Christ* [2] et d'autres, qu'il serait inutile de la trai-

[1] Voir : Notice sur une excursion faite à la Grigna, sur le lac de Come, en août 1854, par M. Reuter. Compte rendu des travaux de la Société Hallérienne (Quatrième bulletin, 1854 à 1856, pag. 140 sqq.).

[2] Voir : Christ, Pflanzenleben d. Schweiz, p. 50. Zurich, 1879.

ter plus spécialement ici; nous nous bornons donc à donner le catalogue des espèces les plus intéressantes que nous avons trouvées.

1. Dans la région des hêtres entre Ballabio superiore et l'alpe di Cavallo :

Geranium nodosum, fleurs et fruits.

Dorycnium herbaceum, fleurs et fruits[1].

Cytisus glabrescens, fruits; cette espèce est répandue jusqu'au sommet.

Euphrasia salisburgensis, var. (*mixta Gremli ?*).

Euphorbia variabilis.

2. De l'alpe di Cavallo jusqu'au sommet :

On traverse d'abord un petit bois de hêtres, puis on parcourt le pâturage ouvert jusqu'à peu près 1500^m (limite des hêtres), où commencent la pente rapide couverte de prés à faucher et les rochers.

Rien de plus intéressant que ces pâturages où le gazon est entrecoupé par de grandes touffes de *Primula calycina* (quelques pieds encore en fleurs, la plupart en fruits), de *Horminum pyrenaicum* (fruits), de *Carex baldensis* (fruits, plus haut en fleurs); où tous les petits buissons sont formés de *Cytisus glabrescens*, entremêlé d'*Erica carnea* et *Rhododendron hirsutum*, dont les feuilles ont des cils remarquablement longs et serrés; où partout surgissent les grandes feuilles luisantes du *Helleborus niger* et où l'*Anthyllis Dil-*

[1] Reuter et Christ n'indiquent que le *D. suffruticosum* que nous n'avons pas trouvé; dans les buissons, le long du sentier au-dessous des mines de plomb on rencontre des petits buissons de quelques pieds de hauteur, que nous avons d'abord pris pour le *D. suff.*, mais un examen attentif et des comparaisons m'ont montré que c'est le *herbaceum*. Toutefois ces deux espèces ne sont pas séparées si clairement que le dit Gremli dans Excursionsflora, 6 Aufl., pag. 496 (Schröter).

lenii montre ses fleurs d'un pourpre intense. Parmi les Graminées du gazon on remarque la *Danthonia procumbens*, la *Kœleria gracilis*, la *Calamagrostis arundinacea*. Les rochers épars sont ornés de *Buphthalmum speciosissimum* (répandu partout jusqu'au sommet) de *Phyteuma Scheuchzeri*, de *Potentilla caulescens* et de *Aspidium rigidum*.

Après avoir dépassé la limite des hêtres; le gazon se compose (à peu près depuis 1500^{m}) surtout de *Sesleria cœrulea* et de *Carex sempervirens*, mêlés de grandes touffes de l'*Erica carnea*; et plus haut de *Carex mucronata*.

Ces pentes de prés à faucher, s'étendant jusqu'au sommet, contiennent en outre :

Aquilegia Einseleana Schultz, fleurie (Bauhini Schott.) sous les derniers hêtres, puis çà et là jusqu'au sommet.

Ranunculus Thora, partout commun, dégrainé.

Betonica Alopecurus (fruits).

Stachys Reuteri, Schröter[1].

Laserpitium peucedanoïdes (fruits), commun sur toute la montagne depuis environ 1700^{m}.

Laserpitium nitidum (fruits).

Asperula umbellulata Reut. (fruits, fleurs) éparse çà et là dans le gazon.

Allium insubricum, en colonies nombreuses depuis environ 1700^{m} jusqu'à la cime.

[1] Reuter l. c., donne à cette espèce le nom de *oblongifolia*; mais comme Bentham a établi en 1848 (Prodromus XII) une *St. oblongifolia*, ce nom doit être quitté et je propose celui cité en haut. Reuter n'en donne aucune diagnose; il dit seulement : « voisin du *recta*, à tiges humifuses à grandes fleurs jaunâtres. » Je trouve les différences suivantes entre *recta* et *Reuteri* :

Calyces et bractées à poils simples et glanduleux chez le *Reuteri* (*recta* n'a pas de poils glanduleux); fruit de *Reuteri* noirâtre, à peu près rond, à angles peu saillants; fruit de *recta* brun triangulaire à angles très prononcés. Ces différences saillantes du fruit me font admettre que nous avons ici affaire à une bonne espèce (Schröter).

Avena Notarisii (fruits) ;. cette grande et belle graminée se trouve abondamment dans le gazon depuis environ 1800^{m} jusqu'à la cime.

Trisetum alpestre, vers la cime.

Astrantia minor, ailleurs rare sur le calcaire.

Ce sont surtout les rochers, très facilement accessibles depuis le petit sentier, qui montrent sur un petit espace, à environ 1800-1900^{m}, une réunion étonnante de plantes rares et belles. Nous avons dressé la liste suivante :

Casu mucronata.
» *sempervirens.*
Sesleria cœrulea.
Bupleurum graminifolium Vahl.
Rhamnus pumila.
Potentilla nitida.
» *caulescens.*
Phyteuma comosum.
Campanula Raineri.
Buphthalmum speciosissimum.
Gnaphalium Leontopodium.
Saxifraga Vandelli.
» *caesia.*
» *mutata.*
Asperula umbellulata.
Achillea Clavennæ.
Daphne striata.
Globularia cordifolia.
Primula calycina.
Cytisus glabrescens.

D'autres plantes des rochers sont :

Valeriana saxatilis (fruits).
Viola heterophylla Bert.
Saxifrage aizoides.

Enfin nous trouvâmes non loin de la cime un seul exemplaire du superbe *Silene Elisabethæ*, en pleine floraison; nous en vîmes un autre qui n'était pas à notre portée.

Pour arriver du pied de la Grigna erbosa à celui de la Grigna sassosa, il faut traverser tout le flanc de la montagne, de l'alpe di Cavallo jusqu'à l'alpe di Pertusio. C'est un joli petit sentier, traversant les pâturages, les buissons, les forêts de hêtres, en passant par nombre d'alpes. A gauche, on a toujours une vue pittoresque sur les cimes déchirées, les pentes à pic de la Grigna, et à un endroit on traverse une énorme masse de débris de roches transportés là par un de ces torrents passagers qui sortent des flancs déboisés de ces montagnes.

La récolte que nous fîmes à la hâte pendant ce trajet, n'était pas très riche; toutefois nous citons :

Aconitum Anthora, en fleurs.

Galium vernum, en fruits.

Aposeris fœtida.

Molopospermum cicutarium.

Euphrasia alpina.

Cytisus radiatus (fruits).

Laserpitium latifolium.

La montée de l'alpe di Pertusio à la Bocchetta di Neria près de la Grigna sassosa n'est riche qu'au commencement et à la fin; d'ailleurs ce sont des pâturages extrêmement pauvres.

Dans les éboulis au-dessus de Pertusio (environ 1500 à 1600^{m}) se trouve en masse le *Trisetum argenteum*[1]; sur

[1] Il faut corriger la diagnose de cette espèce dans Gremli, Excursionsflora d. Schweiz, 6 Aufl. pag. 453; au lieu de dire: poils à la base des fleurs, etc., il faut dire : poils à la base de la fleur *inférieure* seulement $^{1}/_{3}$ de celle-ci; car dans la fleur supérieure, ces

les rochers, non loin de là le *Cytisus radiatus* en masse, puis la *Campanula Raineri*, la *Stachys Reuteri*. le *Bupleurum graminifolium* Vahl, la *Primula hirsuta* All., la *Primula calycina*, etc.; *Leontopodium* en quantité.

A la Bochetta (environ 2300^{m}) et au commencement de la descente rapide vers Mandello on rencontre :

Petrocallis pyrenaica.
Aquilegia Einseleana.
Saxifraga Hostii.
Trisetum alpestre.
Achillea Clavennæ.
Silene inflata, var. alpina.
Bupleurum graminifolium.
Carex mucronata.
Crepis Jaquini.
Juncus Hostii.
Potentilla nitida.
Campanula Raineri.
Silene Saxifraga.
Ranunculus Thora.
Valeriana saxatilis.

Plus bas, sur les pentes gazonneuses et escarpées :

Rhaponticum scariosum.
Carex tenax Reuter.
Avena Notarisii.
Dianthus monspessulanus.
Asperula umbellulata.
Betonica Æopecurus.
Buphthalmum speciosissimum.

Dans la région des châtaigniers au-dessus de Mandetto :

Hieracium porrifolium
Clematis recta.
Galium lævigatum.
Carduus defloratus β crassifolius Willd.

poils montrent la même longueur que dans le *Trisetum distichophyllum* (Schröter).

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Dr O. Zacharias. Bilder und Skizzen aus dem Naturleben. Tableau et esquisses pris dans la vie de la nature. (Iéna, 1889.)

Un des plus actifs investigateurs contemporains de la nature vivante, le Dr Otto Zacharias, de Hirschberg dans la Silésie prussienne, vient de réunir en un joli volume de 328 pages in-8°, illustré de bonnes gravures, une série de 39 petits mémoires, articles de revues ou de journaux, conférences, etc., sur la vie des animaux et des plantes. Il y traite dans une langue populaire et abordable à chacun une foule de sujets d'intérêt général ou spécial, empruntés à toutes les classes d'animaux et de plantes. Son point de vue est élevé et étendu, et il sait développer les grands problèmes de la vie à propos de cas spéciaux choisis avec soin.

On y lira avec intérêt surtout les chapitres consacrés à la biologie des lacs d'eau douce. Depuis quelques années en effet, M. Zacharias a fait de ce sujet d'activité toute moderne le thème favori de ses recherches, et il a publié toute une série de travaux sur la flore et la faune des lacs du nord de l'Allemagne. Entraîné par le charme de ces études, si riches en découvertes et en généralisations nouvelles, il a proposé l'année dernière la création d'une station zoologique au bord de l'un de ces lacs, pour l'étude de la biologie lacustre; et par l'action communicative de son enthousiasme, il s'est assuré les subsides nécessaires et l'appui des intéressés. Tellement qu'au printemps de 1890 on verra s'élever dans la ville de Plön, en Holstein, à 20 kilomètres au S.-E. de Kiel, une

station de recherches, qui dans des proportions plus modestes saura faire dans les lacs de plaine du nord de la Prusse ce que la grande station zoologique de Naples a fait pour la faune de la Méditerranée. Le lac de Plön mesure 26 kilomètres de superficie et 56 m. de profondeur maximale.

F.-A. F.

CHIMIE

H. Bickel. Dérivés de l'acide diphénylacétique et de l'acide benzilique. (*Berichte*, XXII, p. 1537, Genève.)

Dans l'espérance d'arriver à l'acide diphénylmalonique en partant de l'acide diphénylacétique ou de l'acide benzilique, l'auteur a préparé divers dérivés de ces acides, qui ne l'ont d'ailleurs pas encore mené au but désiré ; 1° L'éther de l'acide diphénylchloracétique $(C_6H_5)_2C\ ClCO_2C_2H_5$ cristaux tabulaires fusibles à 43°-44°, celui-ci chauffé vers 125° avec du cyanure de mercure pendant 24 heures, donne l'éther de l'acide diphénylcyanacétique $(C_6H_5)_2C<{CN \atop CO_2C_2H_5}$ fusible vers 59° au moyen duquel il n'a pas pu arriver à l'acide diphénylmalonique qui paraît être peu stable ; il se dégage de l'acide carbonique dans toutes les réactions et l'on obtient que de l'acide diphénylacétique ou son amide. 2° L'acide diphénylchloracétique chauffé avec de l'argent en poudre donne l'éther de l'acide tétraphénylsuccinique

$$\begin{array}{l}(C_6H_5)_2\ C\text{—}COC_2H_5 \\ \qquad\quad\ \ | \\ (C_6H_5)_2\ C\text{—}COC_2H_5\end{array}$$

fusible à 88°-89° et dont l'acide fond en se décomposant vers 260°-262°. 3° Le chlorure de l'acide diphénylchloracétique, obtenu par l'action du pentachlorure de phosphore sur l'acide benzilique, fond vers 50° ; l'alcool à froid le décompose et donne l'éther de l'acide diphénylchloracétique, à chaud au contraire on obtient l'éther de l'acide benzilique; on n'obtient pas l'éther diéthylé même par l'alcoolate de sodium. 4° Les éthers de l'acide benzilique s'obtiennent en faisant passer de l'acide chlorhydrique gazeux dans la dissolution de

l'acide dans les alcools, ils se transforment par l'action de $PhCl_5$ en éthers de l'acide diphénylchloracétique et par l'action du chlorure d'acétyle en éther de l'acide acétylbenzilique. L'éther méthylique $(C_6H_5)_2C<\begin{matrix}OCOCH_3\\CO_2C_2H_5\end{matrix}$ fond vers 65°, l'éther étylique fond vers 122°.

E. Schulze. Sur la constitution chimique des cellules membraneuses des plantes. (*Berichte*, XXII, 1192. Zurich.)

C. Cramer a reconnu au microscope, dans les parois épaisses des cellules des cotylédons de différentes plantes, la présence de la paragalactine découverte par Schulze et Steiger qui donne de la galactose et par l'acide nitrique de l'acide mucique. Des carbures d'hydrogène analogues, insolubles dans l'eau et se transformant facilement en sucre se trouvent dans un grand nombre de graines et de jeunes plantes; ces substances se transforment en général en galactose, d'autres en séminose (mannose) ou arabinose. Ces carbures se différencient de la cellulose, en ce qu'ils sont insolubles dans la dissolution ammoniacale d'oxyde de cuivre.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

SEPTEMBRE 1889

Le 1er, très forte rosée le matin.
2, très forte rosée le matin; hâle à 10 h. du matin.
3, éclairs au NNO. et à l'O. à 3 h. du matin; tonnerres à l'O. à 3 h. 25 m. du matin, averse et fort vent du SSO. pendant une demi-heure; depuis 6 h. 30 m. du soir éclairs au NO.; tonnerres lointains à 6 h. 55 m. du soir. A 8 h. du soir fort vent du NNO., éclairs et tonnerres dans toutes les directions se suivant très rapidement; l'orage marche de l'O. au N.; à 8 h. 30 m. il prend une autre direction et marche de l'O. à l'ENE. Violentes averses; à 8 h. 25 m. de petits grêlons sont mêlés à la très forte pluie qui tombe en ce moment. L'eau recueillie en trois quarts d'heure atteint 20mm8; plusieurs magasins des Rues-Basses sont inondés.
4, depuis 6 h. 45 du matin tonnerres du SSE. à l'E.; éclairs et tonnerres à l'O. à 7 h. 25 m. du matin.
7, forte rosée le matin et le soir; brouillard à 7 h. du matin.
8, très forte rosée le matin et le soir.
9, très forte rosée le matin.
10, très forte rosée le matin.
11, très forte rosée le matin et le soir.
12, très forte rosée le matin; brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin.
13 et 14, très forte rosée le matin.
15, très forte bise depuis 10 h. du matin.
16, violente bise pendant tout le jour.
17, forte bise à 4 h. du soir.
19, brouillard à 7 h. du matin.
21, fort vent à 10 h. du matin.
22, fort vent de 4 h. à 9 h. du soir.
24, très forte rosée le soir.
25, fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir; forte bise à 5 h. du soir.
26, assez forte gelée blanche le matin, la première de la saison; minimum de nuit + 0°9.
27, gelée blanche le matin.
28, très forte rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm
Le 4 à 8 h. soir	729,88
11 à 9 h. matin	733,21
13 à 9 h. matin	731,00
17 à 1 h. matin	731,23
21 à 9 h. soir	724,66
23 à 10 h. matin	724,26
26 à 11 h. soir	734,99

MINIMUM.	mm
Le 3 à 6 h. soir	727,71
7 à 5 h. soir	726,00
12 à 5 h. soir	729,55
15 à 5 h. matin	727,05
21 à 5 h. matin	720,56
22 à 4 h. soir	720,95
24 à 4 h. soir	719,42

GENÈVE. — SEPTEMBRE 1889.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0					mm.				+ 0	0	cm
1	729,35	+ 1,59	728,44	730,47	+19,49	+ 2,90	+13,9	+25,1	792	+ 51	640	940	...	...	N. 1	0,08	...	.....	138,0
2	729,19	+ 1,45	727,93	730,17	+18,92	+ 2,44	+12,7	+26,7	769	+ 25	580	900	...	...	N. 1	0,38	19,5	+1,3	137,8
3	728,97	+ 1,25	727,71	729,83	+20,07	+ 3,70	+13,0	+26,3	764	+ 17	640	910	21,2	1	N. 1	0,73	19,0	+0,8	138,0
4	728,99	+ 1,29	727,79	729,88	+17,14	+ 0,89	+14,1	+22,5	849	+100	600	1000	3,0	2	SSE. 1	0,90	19,7	+1,6	142,5
5	729,06	+ 1,38	728,69	729,40	+17,10	+ 0,97	+13,0	+21,5	787	+ 35	580	930	...	...	N. 1	0,98	...	.....	142,0
6	727,99	+ 0,34	726,44	728,97	+17,20	+ 1,18	+13,6	+21,1	765	+ 11	510	980	...	...	NNE. 1	0,30	19,5	+1,5	140,3
7	726,78	— 0,85	726,00	727,58	+15,32	— 0,57	+ 9,8	+19,5	791	+ 34	570	940	...	...	NNE. 1	0,28	19,5	+1,6	140,5
8	728,78	+ 1,18	727,79	729,79	+17,29	+ 1,52	+ 9,8	+25,7	755	— 4	450	970	...	...	SO. 1	0,27	...	.....	140,0
9	730,38	+ 2,80	729,57	731,44	+17,36	+ 1,72	+11,7	+21,8	694	— 68	430	940	...	...	NNE. 1	0,03	19,0	+1,2	138,0
10	731,57	+ 4,02	730,55	732,16	+15,35	— 0,17	+ 8,9	+20,7	720	— 44	500	870	...	...	NNE. 1	0,02	19,0	+1,3	137,8
11	732,17	+ 4,65	731,04	733,21	+14,72	— 0,67	+ 8,7	+20,2	791	+ 24	540	970	...	...	variable	0,00	19,4	+1,8	139,0
12	731,04	+ 3,55	729,55	732,00	+15,77	+ 0,52	+ 8,5	+22,9	785	+ 16	500	970	...	...	variable	0,27	19,6	+2,1	140,0
13	730,43	+ 2,97	729,97	731,00	+17,54	+ 2,42	+10,8	+24,9	786	+ 14	520	940	...	...	variable	0,13	19,6	+2,1	141,7
14	729,16	+ 1,73	727,77	730,42	+17,32	+ 2,34	+11,2	+22,8	731	— 43	560	930	...	...	N. 1	0,25	19,5	+2,1	143,3
15	727,81	+ 0,41	727,05	728,51	+14,61	— 0,24	+11,1	+17,5	663	—113	530	880	...	...	NNE. 2	0,50	...	.....	144,0
16	729,18	+ 1,81	728,50	730,50	+ 9,54	— 5,17	+ 6,7	+13,0	534	—245	320	660	...	...	NNE. 3	0,32	16,0	—1,2	144,5
17	729,60	+ 2,26	728,14	731,23	+ 7,98	— 6,58	+ 3,2	+12,9	566	—215	350	690	...	...	NNE. 1	0,03	17,0	—0,1	141,5
18	728,32	+ 1,01	727,26	729,52	+ 7,67	— 6,75	+ 0,2	+13,9	590	—193	370	760	...	...	NNE, 1	0,05	16,6	—0,4	140,0
19	727,38	+ 0,11	725,85	728,85	+ 9,75	— 4,53	+ 2,6	+18,0	666	—119	380	930	...	...	variable	0,75	17,3	+0,4	137,5
20	722,88	— 4,36	721,78	725,55	+12,04	— 2,09	+ 9,2	+16,5	698	— 89	440	970	10,0	8	SSO. 1	1,00	17,0	+0,2	137,0
21	722,38	— 4,83	720,56	724,66	+10,41	— 3,57	+ 8,5	+13,8	705	— 85	570	830	1,5	3	SSO. 1	0,97	15,9	—0,8	135,7
22	722,52	— 4,66	720,95	723,87	+12,00	— 1,83	+ 7,8	+15,8	707	— 85	530	880	4,7	6	SSO. 1	0,98	...	.....	132,0
23	723,79	— 3,35	723,03	724,26	+13,18	— 0,50	+ 9,1	+19,4	689	—105	470	830	...	...	SSO. 1	0,95	10,7	—5,8	133,0
24	721,23	— 5,88	719,42	723,54	+11,94	— 1,58	+ 9,0	+15,3	784	— 11	610	950	...	...	N. 1	0,33	9,9	—6,5	136,0
25	723,03	— 4,04	720,29	729,03	+12,18	— 1,19	+ 6,2	+20,8	688	—109	540	860	3,8	2	SSO. 1	0,72	12,6	—3,7	132,7
26	732,09	+ 5,05	729,24	734,99	+ 7,29	— 5,92	+ 0,9	+13,1	680	—119	430	960	...	...	variable	0,12	13,0	—3,2	133,5
27	733,21	+ 6,21	730,25	734,93	+ 8,44	— 4,61	+ 1,0	+17,8	676	—125	340	880	...	...	SO. 1	0,00	13,5	—2,6	136,5
28	725,75	— 1,22	721,81	730,20	+12,52	— 0,37	+ 3,3	+21,0	701	—102	440	950	...	...	SSO. 1	0,75	13,7	—2,3	136,0
29	719,28	— 7,65	718,39	721,05	+10,71	— 2,02	+ 7,8	+14,0	730	— 74	620	920	3,6	2	variable	1,00	...	.....	134,0
30	718,89	— 8,01	718,06	719,59	+ 9,21	— 3,36	+ 6,3	+14,4	726	— 80	550	940	0,0	...	SSO. 1	1,00	13,1	—2,7	134,2
Mois	727,37	— 0,26			+13,67	— 0,99			719	— 51						0,47	16,65	—0,42	138,23

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,92	728,84	729,54	729,63	729,02	728,49	728,88	729,52
2e »	729,40	729,04	729,38	729,33	728,54	728,03	728,23	728,43
3e »	724,68	724,14	724,22	724,37	723,75	723,61	724,42	724,54
Mois	727,67	727,34	727,71	727,77	727,11	726,71	727,18	727,50
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+14,63	+13,70	+15,06	+18,90	+21,80	+21,49	+18,81	+15,80
2e »	+ 9,89	+ 8,73	+ 9,95	+13,99	+16,18	+16,82	+14,19	+11,80
3e »	+ 8,77	+ 7,82	+ 8,66	+12,82	+14,50	+13,49	+11,07	+ 9,17
Mois	+11,10	+10,08	+11,23	+15,23	+17,49	+17,27	+14,69	+12,26
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	895	915	884	717	588	593	719	838
2e »	779	842	780	632	520	526	641	728
3e »	785	869	817	584	548	570	713	782
Mois	820	875	827	644	552	563	691	783

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	+ 12,05	+ 23,09	+ 19,31	0,40	24,2	139,49
2e »	+ 7,22	+ 18,26	+ 18,00	0,33	10,0	140,85
3e »	+ 5,99	+ 16,54	+ 12,80	0,68	13,6	134,36
Mois	+ 8,42	+ 19,30	+ 16,65	0,47	47,8	138,23

Dans ce mois l'air a été calme 6,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,40 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 5°,8, E. et son intensité est égale à 18,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1889.

Le 3, forte bise à 10 h. du matin ; pluie à 10 h. du soir.
4, pluie dans la nuit et à 7 h. du soir; brouillard jusqu'à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir; forte bise à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir.
5, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir; forte bise à 1 h. du soir.
6, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir; forte bise à 1 h. du soir.
8, brouillard depuis 10 h. du soir.
9, forte bise à 1 h. du soir ; brouillard à 7 h. du soir.
13, forte bise à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.
14, forte bise jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; brouillard depuis 7 h. du soir.
15, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir ; forte bise jusqu'à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir.
16, forte bise depuis 1 h. du soir; brouillard depuis 4 du soir.
17, forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
18, forte bise tout le jour.
20, neige depuis 1 h. du soir; forte bise à 4 h. du soir.
21, brouillard de 10 du matin à 1 h. du soir ; forte bise depuis 1 h. du soir; neige depuis 4 h. du soir.
22, neige depuis 1 h. du soir.
24, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
25, neige de 1 à 7 h. du soir ; forte bise depuis 7 h. du soir.
26, forte bise jusqu'à 7 h. du soir.
29, neige jusqu'à 1 h. du soir, puis brouillard, forte bise depuis 4 h. du soir.
30, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir; neige à 1 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 1 h. soir	573,04	Le 1er à 4 h. matin	571,85
8 à 11 h. soir	570,70	7 à 7 h. matin	566,64
11 à 10 h. soir	572,84	9 à 7 h. matin	569,90
23 à 10 h. soir	563,05	21 à 6 h. matin	558,25
28 à 1 h. soir	572,19	25 à 1 h. soir	561,35

SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1889.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	572,12	+ 3,97	571,85	572,80	+10,13	+ 5,05	+ 7,6	+15,7	.....	.....	....	NE. 1	0,07
2	572,82	+ 4,72	572,40	573,04	+11,33	+ 6,34	+ 7,2	+14,2	.....	.....	....	NE. 1	0,17
3	571,70	+ 3,66	571,00	572,50	+ 9,36	+ 4,46	+ 5,6	+12,0	.....	.....	....	NE. 1	0,62
4	569,35	+ 1,37	568,70	571,35	+ 4,66	— 0,15	+ 1,8	+10,0	.....	11,0	....	NE. 1	1,00
5	568,47	+ 0,55	567,65	569,01	+ 3,36	— 1,36	+ 2,1	+ 5,2	.....	.....	....	NE. 1	0,90
6	567,98	+ 0,12	567,60	568,90	+ 4,06	— 0,56	+ 2,4	+ 6,0	.....	.....	....	NE. 1	0,67
7	567,36	— 0,43	566'64	568,55	+ 6,05	+ 1,53	+ 3,0	+10,6	.....	.....	....	SO. 1	0,15
8	569,69	+ 1,97	568,85	570,70	+ 5,93	+ 1,51	+ 3,2	+ 9,7	.....	.....	....	variable	0,35
9	570,16	+ 2,51	569,90	570,60	+ 3,93	— 0,39	+ 2,1	+ 6,6	.....	.....	....	NE. 1	0,40
10	571,03	+ 3,45	570,20	571,98	+ 5,80	+ 1,59	+ 2,2	+ 8,5	.....	.....	....	NE. 1	0,02
11	572,38	+ 4,87	572,00	572,84	+ 7,66	+ 3,56	+ 4,3	+11,2	.....	.....	....	NE. 1	0,00
12	572,02	+ 4,58	571,50	572,80	+ 7,56	+ 3,57	+ 5,4	+10,5	.....	.....	....	NE. 1	0,02
13	571,92	+ 4,55	571,10	572,50	+ 7,98	+ 4,10	+ 4,8	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,20
14	569,91	+ 2,61	568,10	572,10	+ 5,83	+ 2,07	+ 1,4	+ 8,6	.....	.....	....	NE. 2	0,58
15	566,03	— 1,19	565,15	568,02	+ 0,91	— 2,73	— 1,8	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 2	0,73
16	564,57	— 2,57	564,10	565,10	— 3,85	— 7,37	— 7,0	+ 0,2	.....	.....	....	NE. 2	0,60
17	564,06	— 3,00	563,68	565,07	— 4,50	— 7,90	— 6,8	— 2,0	.....	.....	....	NE. 2	0,08
18	563,64	— 3,34	563,15	564,00	— 3,84	— 7,11	— 5,5	— 1,4	.....	.....	....	NE. 2	0,32
19	564,22	— 2,68	563,10	565,43	+ 2,15	— 1,00	— 4,0	+ 5,4	.....	.....	....	NE. 1	0,18
20	562,28	— 4,54	560,50	565,10	+ 0,71	— 2,31	— 3,8	+ 5,4	180	19,0	....	NE. 1	0,90
21	558,85	— 7,89	558,25	560,20	— 3,55	— 6,44	— 5,6	+ 0,2	170	20,0	....	NE. 2	0,97
22	559,89	— 6,76	558,95	561,60	+ 0,05	— 2,71	— 5,6	+ 5,0	150	18,0	....	NE. 1	0,88
23	562,44	— 4,12	561,35	563,05	+ 1,75	— 0,88	— 1,6	+ 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0,20
24	562,22	— 4,26	561,91	562,95	+ 1,96	— 0,54	— 0,5	+ 4,5	.....	.....	....	SO. 1	0,55
25	562,01	— 4,39	561,35	563,10	+ 0,53	— 1,83	— 4,8	+ 6,0	.....	.....	....	NE. 1	0,68
26	566,04	— 0,27	563,25	569,70	— 2,69	— 4,91	— 7,2	+ 1,0	.....	.....	....	NE. 2	0,10
27	571,01	+ 4,79	570,00	572,19	+ 5,56	+ 3,48	— 0,2	+ 8,3	.....	.....	....	NE. 1	0,02
28	565,51	— 0,62	561,05	569,90	+ 2,88	+ 0,94	— 2,0	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,43
29	556,89	— 9,15	555,95	560,40	— 5,15	— 6,95	— 7,4	+ 0,9	140	18,0	....	NE. 2	1,00
30	555,60	—10,35	555,12	556,22	— 6,09	— 7,75	— 7,1	— 4,4	.....	.....	....	NE. 1	1,00
Mois.	566,40	— 1,05			+ 2,68	— 0,64							0,46

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1889.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	570,21	569,80	569,77	569,99	570,07	570,12	570,21	570,38
2e » ...	567,88	567,21	567,10	567,14	566,82	566,80	566,87	566,99
3e » ...	562,39	561,76	561,65	562,18	562,10	562,04	562,07	562,16
Mois	566,83	566,26	566,17	566,44	566,33	566,32	566,39	566,51

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	+ 4,98	+ 7,68	+ 8,91	+ 7,80	+ 6,14	+ 5,78
2e » ...	+ 0,98	+ 3,88	+ 4,27	+ 3,17	+ 1,43	+ 1,16
3e » ...	— 1,41	+ 0,73	+ 2,15	+ 0,51	— 0,81	— 1,50
Mois	+ 1,52	+ 4,10	+ 5,11	+ 3,83	+ 2,25	+ 1,81

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	+ 3,72	+ 9,85	0,43	11,0	—
2e » ...	— 1,30	+ 5,29	0,36	19,0	180
3e » ...	— 4,20	+ 3,85	0,58	56,0	460
Mois	— 0,59	+ 6,33	0,46	86,0	640

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 9,23 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 100,6 sur 100.

ÉTUDE

SUR

LA RÉPARTITION HORAIRE DIURNE-NOCTURNE DES SÉISMES

ET LEUR

PRÉTENDUE RELATION AVEC LES CULMINATIONS DE LA LUNE

PAR

M. F. DE MONTESSUS DE BALLORE
Capitaine d'artillerie,
Inspecteur des études à l'École Polytechnique.

(Avec les planches IV et V.)

Les nombreuses lois ou relations d'ordre cosmique ou météorologique, qui en grand nombre ont été et sont encore journellement avancées sur les tremblements de terre, doivent être soumises à un contrôle sévère, car elles sont le plus souvent le résultat de statistiques beaucoup trop restreintes. La plupart d'entre elles, on peut même dire toutes, ont été déduites du rapprochement des catalogues sismiques plus ou moins étendus et des catalogues des phénomènes avec lesquels les auteurs de ces lois, guidés par des idées théoriques à priori, voulaient mettre les séismes en relation. Consciemment ou non l'on signale bien les coïncidences, mais on se garde de dire combien de fois pour $^0/_0$ les phénomènes comparés se pro-

duisent indépendamment les uns des autres. La sismologie est certainement une des sciences où il a été le plus abusé de cette méthode tout à fait antiscientifique des coïncidences et dont l'exemple le plus frappant est la loi d'Audrand : un tremblement de terre est toujours accompagné d'une inondation en quelque point du globe. Ce n'est point le lieu de faire ici le procès de cette méthode, dont j'ai déjà eu à m'occuper dans des travaux antérieurs, et dans cette étude je me contenterai de reviser deux lois importantes, la première relative à une prédominance des oscillations terrestres pendant la nuit, trop légèrement admise, la seconde, célèbre au point de vue théorique et faisant dépendre les séismes, ou pour mieux dire un certain nombre d'entre eux, d'une marée lunaire sur le noyau terrestre supposé encore fluide actuellement.

I. *Établissement du catalogue sismique.*

Tout d'abord il m'a fallu constituer comme instrument d'étude un vaste catalogue chronologique, embrassant toute la surface du globe et dans lequel aucun fait ne fût sujet à critique. J'ai dû pour cela compulser tous les catalogues existants, partiels tant par rapport au temps que par rapport à l'espace, afin de les contrôler les uns par les autres. C'était aussi le seul moyen d'être sûr que dans les statistiques un fait donné ne pût figurer qu'une seule fois. Ce contrôle réciproque m'a fait éliminer un très grand nombre de séismes devenus douteux à la suite de cet examen toutes les fois que les dates et même les heures n'ont pas été trouvées en parfaite concordance. Au lieu de choisir entre les diverses autorités, j'ai préféré ne pas tenir compte de ces faits, toutes les fois que pour me

décider je n'ai pu remonter à la source originale. Le nombre des faits ayant résisté à cet examen, 45,000, était d'ailleurs largement suffisant pour le but que je me proposais, et j'avais le devoir d'être d'autant plus sévère qu'il s'agit de nier des relations admises par des sismologues faisant autorité.

C'est dans cet ordre d'idées que j'ai été amené à renoncer systématiquement à tous les faits donnés par la presse extrascientifique, et qui résultent ordinairement de dépêches plus ou moins bien transmises et donnant lieu à des incertitudes de date qui atteignent facilement 48 heures. L'habitude fort répandue d'antidater les journaux est une autre cause d'erreur. Dans ces conditions la prudence scientifique commandait l'abstention. Une autre cause d'erreur vient aussi de la malheureuse expression de « minuit » qui laisse dans le doute la question de savoir s'il s'agit du minuit commençant ou finissant un jour de date donnée. Enfin dans certaines publications il n'est pas toujours facile de savoir s'il s'agit du temps civil ou astronomique.

Malgré toutes ces précautions les différents phénomènes ont cependant des valeurs (ou des poids, comme on dit maintenant) bien inégales. J'ai donc été amené à les diviser en groupes, au lieu d'en faire la statistique brutale. Voici la classification adoptée.

1° Séries de régions mal définies au point de vue de la géographie physique.

Par exemple la France, après en avoir séparé la Provence et la région Pyrénéenne, où les oscillations sont relativement plus fréquentes que dans le reste du pays. Si j'avais établi autant de séries que de régions sismiques bien définies, mon catalogue se serait tellement émietté

qu'aucun enseignement n'eût pu être tiré de la statistique. Les séries que j'ai établies auraient pu l'être autrement dans bien des cas. Le choix adopté résulte le plus souvent de la nature des documents consultés.

2° Séries de régions bien définies au point de vue de la géographie physique.

3° Séries locales de courte durée et d'un seul observateur.

Par exemple les observations de Gempeler au Simmenthal du 13 avril au 16 octobre 1885.

4° Séries locales de longue durée et d'un seul observateur.

Par exemple les observations de Tscheinen dans la vallée de la Visp de 1855 à 1863.

Ces deux derniers groupes sont très importants à cause du double caractère d'unité des faits qui y figurent, unité de lieu, unité dans le mode d'observation.

5° Séries volcaniques de courte durée et d'un seul observateur.

Comme on peut supposer que les chocs et les explosions nombreuses qui accompagnent certaines éruptions constituent un phénomène différant essentiellement des oscillations terrestres ordinaires, il était utile de leur ouvrir un chapitre spécial. Il se trouve malheureusement que pour les trois volcans dont on possède des observations suivies, les séries n'ont de valeur que pour le Maunoa-Loa. A Santorin, Julius Schmidt n'observait d'une façon régulière que le jour et à Ilopango (Centre-Amérique) Goodyear que la nuit. Ce groupe n'a donc pas en réalité le poids que son titre semblerait indiquer. Quant au Vésuve les observations de Palmieri ne permettent pas de décider si par hasard il y aurait quelque chose de par-

ticulier aux oscillations purement volcaniques, parce que les instruments enregistreurs donnent ensemble celles qui proviennent de toute la région environnante.

6° Séries des commissions sismologiques.

Depuis quelques années il s'est formé en divers pays des commissions sismologiques dont le but est de centraliser et de contrôler tous les séismes de la région. Le Japon a eu l'initiative de ce mouvement sous l'impulsion de M. Milne. L'Italie a suivi de près sous celle de M. de Rossi. Les importantes publications qui en résultent « Transactions of the sismological society of Japan » et « Bullettino del vulcanismo italiano » commencent respectivement en septembre et décembre 1872. La Société helvétique des sciences naturelles a créé en 1878 la Commission suisse d'études sismologiques. Vers la même époque M. Eck a fondé le même service au Wurtemberg, mais il n'y a malheureusement fonctionné régulièrement que peu d'années. Aux Indes Néerlandaises, MM. Figee et Ohnen, continuent depuis 1884 les traditions de Bergsma.

Toutes ces commissions dues à l'initiative privée ont établi un grand nombre de stations où les séismes sont enregistrés automatiquement par des séismographes, séismomètres et tromomètres de systèmes trop nombreux et différents, ce qui rend leurs indications défectueuses quant à leur comparaison.

L'échelle des intensités Rossi-Forel a été généralement adoptée malgré son caractère conventionnel.

Les documents qui émanent de ces commissions présentent cependant, il faut bien le dire, le défaut assez grave de ne pas toujours séparer nettement les faits qui résultent des indications des sismographes de ceux fournis

par les amateurs qui habitent ces diverses régions. Il y a là un manque d'unité qui en diminue le poids.

7° Séries des observatoires géodynamiques italiens.

Seuls les documents italiens donnent de cette classe des séries suffisamment développées pour qu'il ait été possible de les soumettre séparément à la statistique. On conçoit que plus tard, ce sera de celles-ci seulement dont il y aura lieu de s'occuper, quand, dans un avenir qui malheureusement semble encore bien éloigné, il y aura de semblables observatoires disséminés sur toute la surface du globe. Les observatoires particuliers de M. Carlos Mottl à Orizaba et du R. P. Faura à Manille sont à signaler ici, mais les observations publiées sont encore trop peu étendues.

Tels sont les groupes de poids croissants qui ont servi de base à ce travail.

Ce n'est pas le lieu de donner un index bibliographique des innombrables sources où j'ai dû puiser. Je me contenterai de signaler les principaux documents qui m'ont servi. Ce sont d'abord les grands catalogues généraux de von Hoff, Mallet, Fuchs; puis les immenses travaux de Perrey. Les travaux d'intérêt local qu'il convient de citer sont les suivants :

Antilles. Poey.

Californie. Holden.

Caucase. Abich et Moritz.

Centre-Amérique. Goodyear, Rockstroh, Dario Gonzalez et Pittier.

Chili. Gay, Troncoso et Vergara.

Espagne. Casiano de Prado, Taramelli et Mercalli.

États-Unis et Canada. Brigham et Rockwood.

Europe centrale. Falb, Jelinek et Ami Boué.

Europe orientale. Julius Schmidt.

Indes Néerlandaises. Bergsma, Van der Stock, Versteeg.

Islande. Thorrodsen.

Italie. Me Scarpellini, Conti, Scaglione, Santulli, Silvestri, etc.

Kamtschatka. Kegel.

Mexique. Conde de la Cortina, Orozco y Berra.

Pérou. De Castelnau, Tirel, Paz Soldan y Rouaud.

Rép. Argentine. Gualterio G. Davis.

Scandinavie. Keilhau.

Sibérie. Kehlberg.

Suisse. Mérian et Otto Volger.

Vénétie. Suess.

Vénézuela, Rojas.

Etc., etc.,

Les titres de séries complètent cette liste de noms intéressants à connaître pour les recherches sismologiques.

II. *Répartition horaire diurne-nocturne des séismes.*

L'opinion que les tremblements de terre se produisent surtout la nuit est très ancienne. Elle règne depuis l'antiquité classique. Elle n'a jamais été expliquée d'une façon plausible, car je ne ferai pas l'honneur d'une réfutation à la prétendue explication qui consiste à dire que puisqu'il tremble plus en hiver qu'en été, fait à vérifier d'ailleurs, il n'est pas surprenant que la nuit, qui est l'analogue de l'hiver (!), soit elle aussi plus favorable à la production du phénomène.

Cependant il y a longtemps qu'à propos des tremblements de terre des Antilles, Sainte-Claire Deville et

Poey ont fait observer que l'homme, débarrassé pendant la nuit des bruits et des préoccupations de l'existence, placé en outre dans une position horizontale qui le met en plus intime relation avec le sol, se trouve par suite de ces circonstances dans de bien meilleures conditions que pendant le jour pour observer les petites oscillations. Cette opinion, très rationnelle, est de nature à être transformée en certitude par l'étude du rapport $\frac{j}{n}$ des nombres de séismes diurnes et nocturnes.

Pour quelques séries des 2 premiers groupes, Indoustan, Mexique, Sicile, Philippines, Espagne, Polynésie, Russie d'Europe, Célèbes et Bornéo, ce rapport est très voisin de l'unité. Il est à noter que cela se produit pour des séries très nombreuses et pour d'autres très restreintes. Pour ces dernières on peut observer une certaine régularité de répartition horaire qu'il faut attribuer à ce fait qu'il tremble peu dans les régions correspondantes ou qu'on a peu de documents sur elles. Dans ces conditions les séismes connus sont répartis sur un très long espace de temps et le hasard les a distribués assez régulièrement dans les 24 heures. Cette régularité est d'ailleurs plus apparente que réelle, car les nombres horaires tout en étant petits n'en ont pas moins des rapports qui vont souvent jusqu'à $^1/_2$. Pour ces deux premiers groupes la valeur moyenne du rapport $\frac{j}{n}$ est de 0,75 et 0,78 respectivement. Dans le 3me groupe ce rapport atteint 2,71 aux Philippines, mais reste voisin de l'unité pour les Calabres et les îles Mariannes. Sa valeur moyenne est de 0,79. Dans le 4me groupe nous trouvons 0,97 à Comrie (Ecosse), l'unité à Zante et aux îles Sandwich, 1,06 pour les retumbos (bruits souterrains) de la vallée de la Visp. Pour l'ensemble la valeur moyenne n'est pourtant que

0,76. Le 5me groupe des séries volcaniques de peu de durée nous donne plusieurs valeurs notablement supérieures à l'unité provenant de ce que, sauf à Christchurch (Hawaï), les observations ne se faisaient régulièrement que pendant le jour. Pour les séries des commissions sismologiques, 6me groupe, la Sicile, les Moluques et les Célèbes donnent des valeurs supérieures à l'unité, Java et Sumatra 0,94, le Japon 0,86. La valeur moyenne du groupe croit encore et atteint 0,82.

Nous verrons plus loin ce qui concerne le 7me et important groupe des observatoires géodynamiques italiens.

Pour le moment nous voyons donc la valeur 1 obtenue dans quelques séries de haute valeur du 4me groupe, un certain nombre de valeurs $\overline{>}$ 1 se rencontrer dans plusieurs groupes et enfin ce rapport croître de 0,75 à 0,82 à mesure qu'on passe à des groupes de valeur scientifique croissante. Il y a déjà là une forte présomption en faveur d'une valeur réelle égale à l'unité, c'est-à-dire d'une égale répartition diurne-nocturne.

Je ne me suis point contenté de cette première indication et j'ai voulu savoir ce que donnerait l'emploi de l'échelle Rossi-Forel des intensités. Il est en effet évident que les conditions physiologiques dans lesquelles l'homme se trouve relativement à l'observation des tremblements de terre n'ont d'influence que pour ceux de faible intensité. Cette influence se manifestera donc d'autant plus que les secousses seront plus légères. C'est bien ce qui a lieu : le rapport $\frac{j}{n}$ très légèrement supérieur à l'unité pour les intensités X et IX décroît assez régulièrement jusqu'à 0,65 et 0,67 pour les intensités V et IV. Il y a donc là

une très remarquable confirmation de l'opinion de Sainte-Claire Deville et Poey.

L'étude des graphiques annexés à ce mémoire (Pl. IV et V) confirme ces considérations. Mettant de côté celui du groupe V des séries volcaniques, pour lesquelles les observations ont été mal faites sauf aux Sandwich, et celui du groupe VII des observatoires géodynamiques italiens, dont nous nous occuperons plus loin, on aperçoit nettement un maximum vers 3 ou 4 heures du matin. Puis la courbe descend rapidement jusqu'à l'intervalle de 7 à 8 heures, se maintient à peu près au même niveau jusque vers le milieu du jour, redescend encore un peu et remonte notablement jusque vers l'intervalle de 3 à 4 heures de l'après-midi, s'abaisse de nouveau vers 6 heures du soir, moment auquel elle atteint son plus grand minimum. Ensuite elle remonte assez vite jusque vers 11 heures 1/2 et atteint vers minuit et demi un nouveau minimum qui se trouve à peu près à moitié de l'amplitude de ces divers mouvements. Cette allure commune aux graphiques des groupes I, II, III, IV et VI se retrouve naturellement dans le graphique total et peut s'expliquer simplement. Vers 3 heures du matin les sens sont déjà bien reposés et perçoivent rapidement les ondulations du sol d'autant mieux que la majeure partie des populations est encore couchée. Un peu plus tard l'activité humaine reprend avec une intensité croissante; beaucoup de petits chocs sont perdus par ce fait même. Jusque vers le milieu du jour les conditions physiologiques de l'observation changent peu, la courbe se maintient à ce niveau. Je ne m'explique pas très bien dans cet ordre d'idées le minimum qui vers l'intervalle de 1 à 2 heures de l'après-midi suit cette portion constante. Ce n'est certainement

point alors le moment de la plus grande activité humaine qui me semble devoir être placé vers 7 à 9 heures du matin. Quoi qu'il en soit de ce détail la courbe atteint un autre maximum un peu plus tard. C'est l'heure d'un repos relatif dans les pays tempérés, de la sieste dans les pays chauds. L'observation des séismes se fait mieux. Puis la courbe atteint son plus grand minimum et remonte régulièrement pendant toute la soirée et la première partie de la nuit, alors que pour une population donnée le nombre des personnes qui s'adonnent au repos augmente graduellement. Le minimum relatif qui suit s'explique par ce fait qu'aux heures du premier et plus profond sommeil, les sens sont trop fatigués pour ne pas laisser perdre un grand nombre de petites secousses. Cette façon de concevoir les particularités très générales des graphiques me semble parfaitement rationnelle et de nature à être acceptée comme rendant bien compte des résultats des statistiques. Les études antérieures ne donnaient qu'un maximum nocturne et un minimum diurne. On voit que cette étude pénètre plus profondément dans la nature du phénomène quant à l'influence du mode même d'observation sur les résultats des statistiques.

Toutes ces considérations concordantes montrent bien que :

Les séismes se produisent uniformément de jour comme de nuit.

Les groupes 1 à 6 donnant en moyenne la valeur 0,80 du rapport $\frac{j}{n}$, on peut admettre que ce nombre représente la perte relative des séismes diurnes causée par les conditions physiologiques de l'activité humaine.

On a dû observer que je n'ai point parlé des séries

instrumentales du groupe 7, ni des intensités III à I. Cependant c'était là qu'il semblait à priori naturel de chercher une éclatante confirmation de ce qui vient d'être avancé. Mais les observatoires d'Acireale, Bologne, Rocca di Papa, Spinea di Mestre, Velletri, Vérone et du Vésuve donnent un rapport $\frac{j}{n}$ très notablement supérieur à l'unité. Il atteint 2,04 à Rome, 1,73 à Velletri. Pour les intensités III, II et I, il prend les valeurs successivement croissantes 0,60, 0,73, 1,80. Il est d'ailleurs à observer que les séries du groupe 7 fournissent les 0,75 des secousses d'intensité III, les 0,90 des secousses d'intensité II, et la totalité de celles d'intensité I. Il y a là un fait étrange, le rapport $\frac{j}{n}$ au lieu de devenir égal à l'unité, ou très voisin, comme on devait s'y attendre, dépassant notablement cette valeur et prenant pour l'ensemble du 7me groupe la valeur moyenne 1,49.

Ma première pensée a été d'attribuer cette anomalie au mode même de fonctionnement des observatoires italiens. Il me semblait évident qu'on s'y contentait d'observer seulement le jour d'une façon suivie et régulière. J'ai donc posé la question à M. de Rossi, l'éminent sismologue qui dirige le service géodynamique en Italie. Or sa réponse est catégorique :

Toutes les secousses sont obtenues par des instruments enregistreurs qui fonctionnent jour et nuit.

Cette réponse est de nature à faire douter de mon affirmation d'une égale répartition diurne-nocturne. Il y a donc lieu de faire des réserves quant aux petites oscillations des intensités III à I, car on ne manquera pas de faire intervenir dans leur production l'action directe du soleil, une inégale dilatation des couches terrestres externes pouvant troubler leur équilibre. Je dois cepen-

dant faire observer qu'au Vésuve, où les observations comprennent 21 années, de 1863 à 1885, ce n'est qu'à partir de 1875 que les phénomènes se présentent plus fréquemment de jour. Or c'est vers 1875 qu'apparaissent les premiers sismographes très sensibles. Je suis ainsi conduit à penser que si les observations italiennes donnent un maximum diurne, cela tient tout simplement à ce qu'elles mélangent aux oscillations sismiques réelles toute sorte de mouvements dus à l'homme, roulements de voitures et de trains de chemins de fer, explosions de mines, etc. On sait en effet à quelles énormes distances ces mouvements se propagent à la suite de nombreuses expériences directes faites à New-York et au Japon. Je suis donc tout à fait convaincu que si les observatoires en question étaient établis en pleine campagne, cette anomalie de la prédominance diurne des petites secousses instrumentales disparaîtrait. Cette opinion est corroborée par le graphique du groupe VII. La courbe remonte très régulièrement depuis l'intervalle de 7 à 8 heures du matin jusqu'à celui de 10 à 11 heures. C'est bien en effet à ce moment que l'activité de l'homme croît jusqu'au repos relatif du milieu du jour. Alors les instruments enregistrent un grand nombre d'ondulations tout à fait étrangères aux phénomènes sismiques et uniquements dues à la civilisation [1].

[1] La différence de quelques centaines entre la statistique horaire et la statistique relative aux culminations lunaires dont nous allons maintenant nous occuper provient de ce que je n'ai pu faire entrer dans la seconde un certain nombre de séismes bien certains d'ailleurs, mais pour lesquels subsistait un doute quant au style employé, julien ou grégorien ; ce qui s'est surtout présenté pour les pays de religion grecque et pour le XVIIIme siècle. Enfin les séismes de minuit et environ présentent souvent une indé-

III. *Répartition des séismes par rapport aux culminations lunaires.*

Perrey a énoncé cette loi que les tremblements de terre se produisent surtout aux environs des culminations lunaires. Il trouve en moyenne pour quelques séries italiennes et celle d'Arequipa (Pérou ; 1810—1845) le nombre 0,06 pour la valeur du rapport de la différence entre les nombres de séismes à moins et à plus de 45° de la culmination supérieure à leur nombre total. Il en a conclu formellement à une relation des séismes avec la position de la lune par rapport au méridien, et ses partisans, plus explicitement que lui encore, à une marée du foyer terrestre interne supposé encore fluide. On lui a bien objecté la petitesse du rapport 0,06 ; mais il n'a point accepté l'objection, et avec raison ce me semble, du moment qu'il croyait générale l'existence de ce maximum. La faiblesse du rapport indiquait seulement que la position de la lune, en tant que cause de séismes, n'intervenait que pour un très petit nombre d'entre eux. Comme cette question d'une marée interne est capitale, j'ai repris l'étude de cette loi, à laquelle on n'a jamais objecté que la petitesse du rapport 0,06, et qui ne tend à rien moins qu'à la démonstration expérimentale de la fluidité actuelle de l'intérieur du globe terrestre. Or cette répartition des séismes par rapport aux culminations lunaires est loin d'être générale, il s'en faut de beaucoup. Perrey a eu le bonheur de tomber sur des séries favorisant ses

termination de 24 heures, qui ne permettait pas de les faire figurer dans l'étude qui va suivre.

vues. Il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux sur le tableau suivant du nombre de fois que pour cent de mes séries le maximum du nombre de séismes tombe dans chaque huitième de jour lunaire de 24 heures 50 minutes.

Huitièmes	1	2	3	4	5	6	7	8
	14	8	14	11	14	10	14	15

Le milieu du 1er huitième correspond à la culmination supérieure.

Cette négation manifeste de la loi de Perrey est corroborée par l'étude du rapport de la différence entre le maximum et le minimum des nombres de séismes dans chaque huitième de cadran lunaire au nombre total de chaque série. S'il y a une loi de relation entre ces deux phénomènes, ce rapport tendra vers une limite déterminée à mesure que les séries considérées croîtront soit en nombres de séismes, soit en valeur d'observation. S'il n'y a pas de loi, ce rapport sera de plus en plus petit, car il serait nul pour un nombre infini de séismes. Or c'est ce second cas qui se présente dans les tableaux annexés à cette étude. Ce rapport toujours très petit, égal à 0,00655 pour l'ensemble, est généralement d'autant plus faible qu'on le calcule pour une série plus considérable. D'après le calcul des probabilités et ce qui précède c'est bien là le critérium de l'absence de toute relation.

De même le rapport, positif ou négatif, de la différence entre les nombres des séismes avant et après la culmination supérieure au nombre total de chaque série est d'autant plus petit que la série comporte plus de séismes. Pour l'ensemble il est positif, c'est-à-dire qu'il y a plus

de séismes avant qu'après la culmination supérieure et égal à 0,00546 en valeur absolue. Il fallait s'attendre à ce qu'il soit plus petit que le précédent dans l'hypothèse de l'absence de relation; c'est en effet ce qui se présente.

Les graphiques de la planche V confirment nettement cette opinion que les séismes ne sont nullement en relation avec les culminations lunaires. Dans ces graphiques se présente à la culmination inférieure une particularité que je dois expliquer. Tous les autres intervalles sont de 1 heure de temps moyen, celui-là seul de 50 minutes environ. Le nombre qui résulte de la statistique correspondant à cet intervalle est par conséquent trop petit de $^1/_6$ relativement aux autres. Je l'ai donc augmenté dans ce rapport en tenant compte de la moyenne des intervalles qui le comprennent. Il en résulte bien pour le graphique total un maximum à la culmination inférieure. Mais sa valeur relative n'étant que de $^1/_{20}$, tandis que d'autre part il n'y a pas de maximum à la culmination supérieure, il ne viendra à personne l'idée que ce fait ne soit pas dû au simple hasard.

Nous sommes donc en droit d'affirmer que :

Les séismes n'ont aucune relation avec les culminations de la lune.

Les partisans de la marée interne objecteront qu'il faut aussi tenir compte de la position du soleil, l'effet de cet astre, variable avec sa position relativement à celle de la lune pouvant masquer le maximum à la culmination supérieure. Cela n'est point admissible. Si en effet pour les phénomènes météorologiques on soupçonne actuellement l'influence de marées lunaires et solaires sur l'atmosphère, c'est que dans ce cas les 2 marées sont d'un

ordre de grandeur comparable, tandis que sur le noyau interne, en raison de la grande densité du milieu, la marée solaire serait toujours en tout état de cause négligeable devant la marée lunaire. Il ne faut pas d'ailleurs oublier que l'absence de relation entre les séismes et les culminations lunaires n'a aucun rapport avec les oscillations de la verticale en un point donné. On objectera aussi qu'au niveau des grandes corrugations de l'écorce terrestre, c'est-à-dire au droit des rivages océaniques à pente raide, là où peut-être l'écorce du noyau interne, s'il est fluide, présente un minimum de résistance et où son épaisseur passe brusquement à des valeurs très différentes correspondant au fond des mers d'une part et aux grandes masses continentales de l'autre, le tout dans l'hypothèse de la fluidité interne, on objectera, dis-je, que le long de la surface de raccord entre les fonds océaniques et continentaux il pourrait se produire pour la marée interne un phénomène analogue à l'établissement des ports pour les marées océaniques. Mais un établissement interne aurait pour effet de retarder le maximum relatif à la culmination supérieure et de le reporter vers les 2me et 3me huitièmes de cadran lunaire et ne le laisserait pas à peu près uniformément réparti sur tout le pourtour du cadran, comme nous l'avons vu dans le tableau précédent.

Cependant pour ne laisser aucune prise aux partisans d'une marée lunaire interne, et bien certain toutefois qu'il faut chercher ailleurs que dans la sismologie la démonstration, à faire encore, de la fluidité actuelle du centre de la terre, je me propose d'attaquer directement dans une étude ultérieure la question comme un phénomène maréique.

Successivement du reste je me réserve d'utiliser mon vaste catalogue sismique à la réfutation des relations cosmiques ou météorologiques avancées trop légèrement, je le crois du moins, relativement aux mouvements de l'écorce terrestre, de façon que le terrain une fois déblayé, les géologues restent seuls à étudier ces intéressantes manifestations des forces naturelles. Ce domaine n'appartient qu'à eux seuls.

Répartition horaire diurne-nocturne pour la Suisse.

Intervalles horaires (Temps moy.)	Suisse et Savoie.	Série du Simmenthal. Obs. de Gempeler du 13 avril au 16 octobre 1885.	Série de la valléo de la Visp. Obs. de Tscheinen du 25 juillet 1855 au 24 décembre 1863. Chocs.	Retumbos.	Suisse. Documents de la Commission sismologique de 1878 à 1886.
0					
	35	5	15	2	46
I					
	36	15	20	2	41
II					
	44	13	21	2	46
III					
	44	13	19	4	63
IV					
	49	10	23	7	50
V					
	30	12	15	8	39
VI					
	34	10	7	8	21
VII					
	24	5	16	9	15
VIII					
	20	10	14	3	7
IX					
	19	11	10	3	14
X					
	28	6	17	4	12
XI					
	26	8	12	2	18
XII					
	26	3	23	2	12
XIII					
	8	3	18	6	12
XIV					
	20	6	16	4	16
XV					
	21	5	20	5	10
XVI					
	22	4	21	4	9
XVII					
	13	5	20	3	13
XVIII					
	14	3	16	4	18
XIX					
	27	3	22	5	17
XX					
	33	3	20	4	21
XXI					
	50	5	26	4	32
XXII					
	44	5	19	3	24
XXIII					
	43	3	20	5	34
XXIV					
Totaux ...	710	203	430	103	590 Total=2036
$\frac{j}{n}$	0,58	0,89	0,82	1,06	0,37 0,0595

Répartition des séismes par rapport aux culminations lunaires.

Intervalles horaires. (temps moyen.)	Suisse et Savoie.	Série du Simmenthal.	Vallée de la Visp.		Suisse. Commission sismologique.
			Chocs.	Retumbos.	
Culmination inférieure.					
	8	4	12	4	13
XII					
	31	9	17	2	20
XI					
	29	9	18	7	21
X					
	43	3	14	3	19
IX					
	23	6	21	1	24
VIII					
	28	3	9	3	23
VII					
	29	10	19	4	25
VI					
	30	7	18	6	20
V					
	25	10	21	6	23
IV					
	30	5	12	2	18
III					
	25	11	14	1	29
II					
	31	8	14	4	28
I					
	24	15	17	3	31
Culmination supérieure.					
	16	11	19	4	29
I					
	30	9	19	5	22
II					
	26	14	16	4	22
III					
	35	4	15	2	16
IV					
	31	9	22	3	21
V					
	27	13	16	6	31
VI					
	25	7	15	4	35
VII					
	16	6	21	7	19
VIII					
	21	3	14	8	25
IX					
	32	8	25	1	24
X					
	28	6	15	2	18
XI					
	27	5	16	4	19
XII					
	18	5	11	2	11
Culmination inférieure.					

Répartition des séismes par rapport aux culminations lunaires.
(Suite.)

		Suisse et Savoie.	Série du Simmenthal.	Vallée de la Visp.		Suisse. Commission sismologique.	Totaux.
				Chocs.	Retombos.		
la culmination supér.	Avant	356	100	206	46	294	1002
	Après	332	100	224	52	292	1000
Total		688	200	430	98	586	2002
Huitièmes de cadran lunaire de 24 heures 50 minutes.	I	76	35	54	12	87	264
	II	93	28	54	10	62	247
	III	75	27	55	16	87	260
	IV	81	18	57	12	69	237
	V	92	25	61	14	69	261
	VI	98	18	52	11	67	246
	VII	89	23	51	14	70	247
	VIII	84	26	46	9	75	240
Rapports	K	0,0266	0,0850	0,0349	0,0714	0,0427	0,01348
	R	+0,0349	0	−0,0391	−0,0612	+0,0034	+0,00099

K est le rapport entre la différence du maximum et du minimum du nombre de séismes dans chaque huitième de cadran lunaire à leur nombre total.

R est le rapport, positif ou négatif, de la différence entre les nombres de séismes avant et après la culmination supérieure à leur nombre total.

Note de la Rédaction des Archives. L'auteur a établi pour divers autres pays des tableaux analogues à celui qui est donné ici. Le manque de place nous a obligés à nous borner à la reproduction du seul tableau relatif à la Suisse. M. de Montessus publie la série complète de ses tableaux numériques en un cahier à part autographié qui sera expédié à nos abonnés avec notre prochain numéro. *(Réd.)*

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche IV.

Répartition horaire diurne-nocturne des séismes.

Échelle de 1^{mm} pour 10 séismes.

Planche V.

Répartition des séismes par rapport aux culminations de la lune.

Échelle de 2^{mm} pour 10 séismes.

A la culmination inférieure le point inférieur représente le nombre observé, le point supérieur est le nombre calculé, comme il a été dit, en ramenant l'intervalle à la valeur des autres.

Groupe I. Séries de régions mal définies au point de vue de la géographie physique.

Groupe II. Séries de régions bien définies au point de vue de la géographie physique.

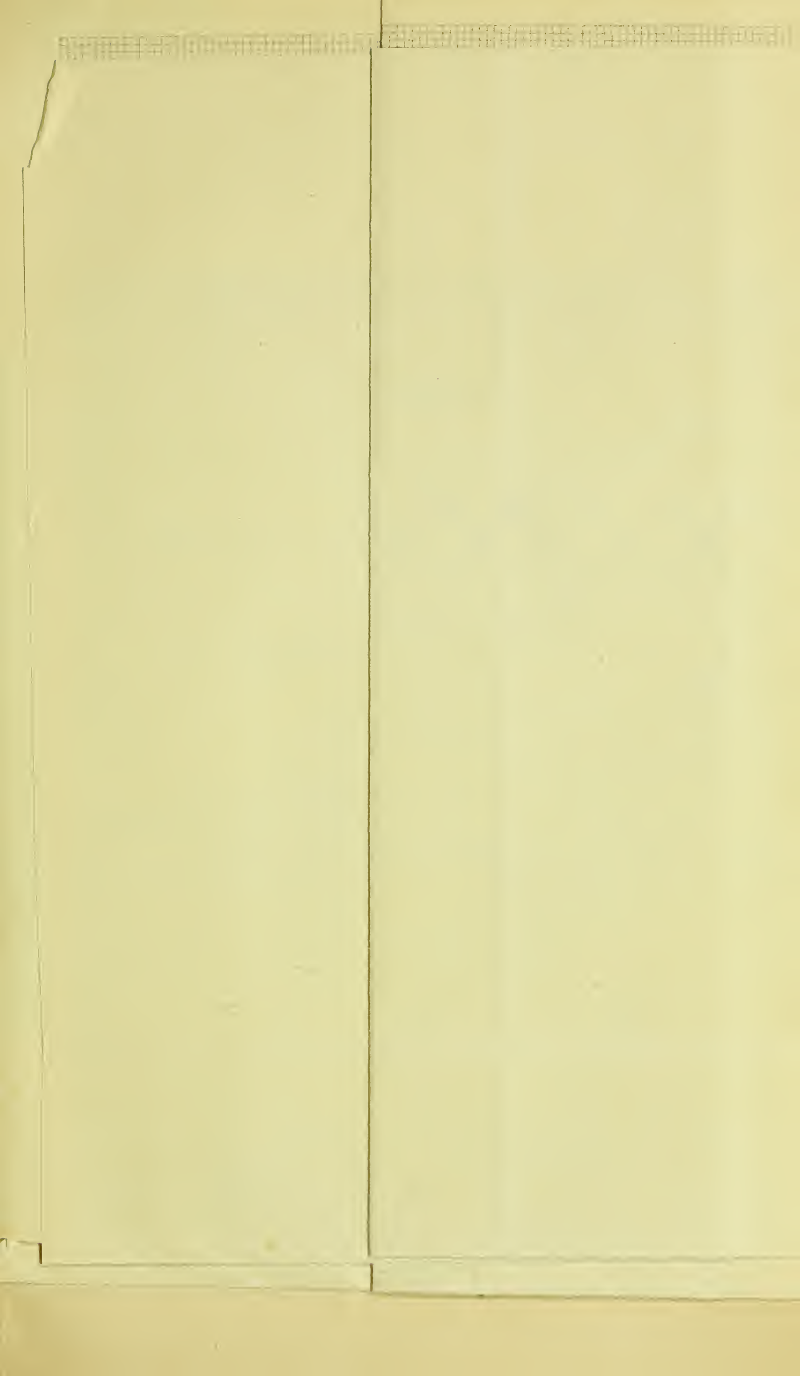
Groupe III. Séries locales de courte durée et d'un seul observateur.

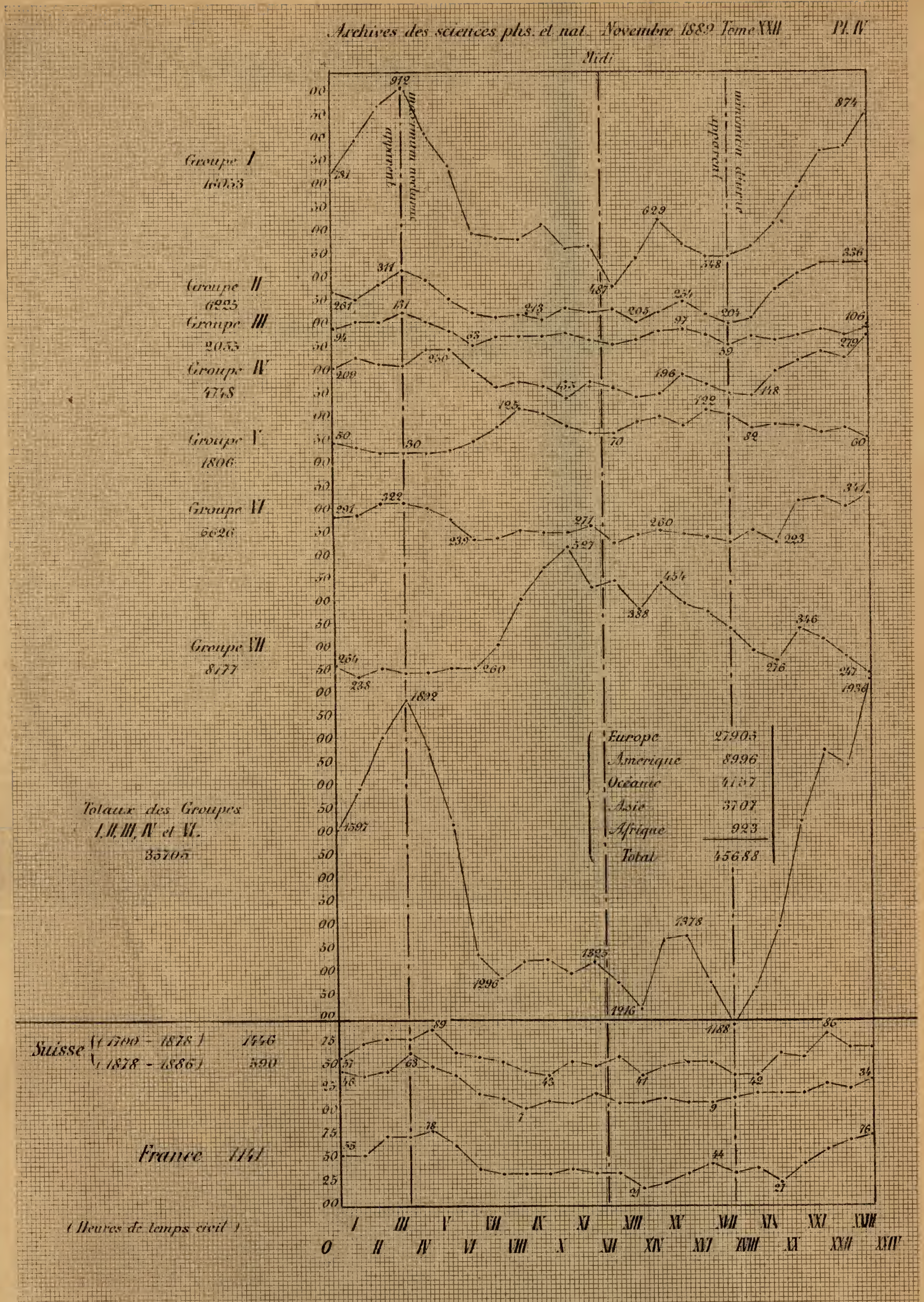
Groupe IV. Séries locales de longue durée et d'un seul observateur.

Groupe V. Séries volcaniques de courte durée et d'un seul observateur.

Groupe VI. Séries de commissions sismologiques.

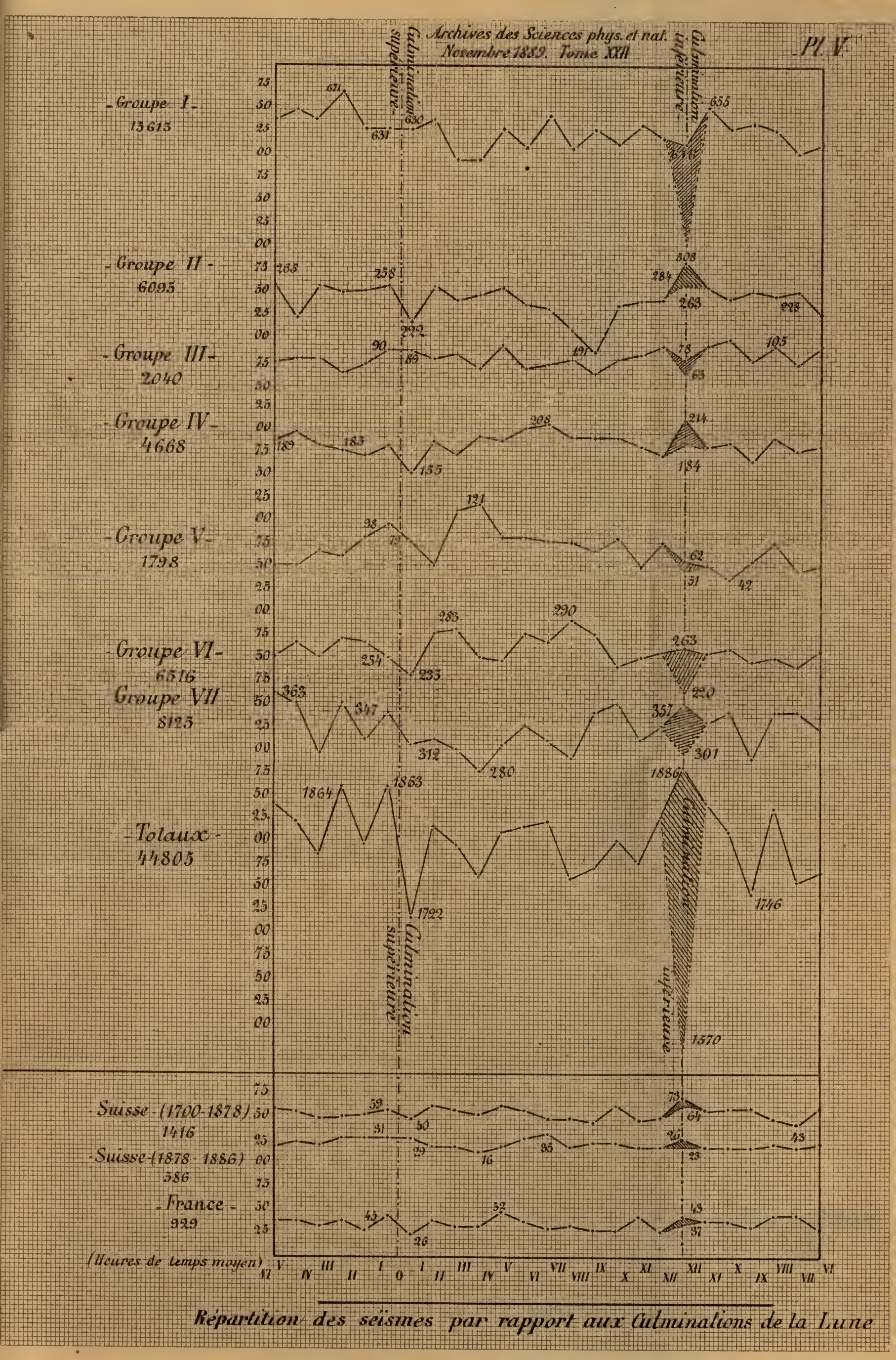
Groupe VII. Séries des observatoires géodynamiques italiens.





Répartition horaire diurne - nocturne des séismes

Pl. V.



Répartition des séismes par rapport aux Culminations de la Lune

DES

MOUVEMENTS PÉRIODIQUES DU SOL

ACCUSÉS PAR DES NIVEAUX A BULLE D'AIR

(Onzième année)

PAR

M, Ph. PLANTAMOUR

Avee Planche VI

Les observations de cette onzième année [1] ont présenté cette particularité, qu'elles partagent d'ailleurs avec l'année précédente qui était aussi une année froide, que le côté Est s'est moins abaissé qu'il ne s'est relevé. Il s'est abaissé de 21″,92 et s'est relevé de 29″,00, en sorte qu'au 30 septembre il s'est trouvé 3″,00 plus haut que le 1er octobre précédent. Le maximum d'abaissement a eu lieu le 15 février deux jours après le minimum de la température, et le maximum d'élévation le 13 juillet le lendemain du maximum de la température, comme on peut le constater sur la planche VI et sur les tableaux des inclinaisons ci-joints.

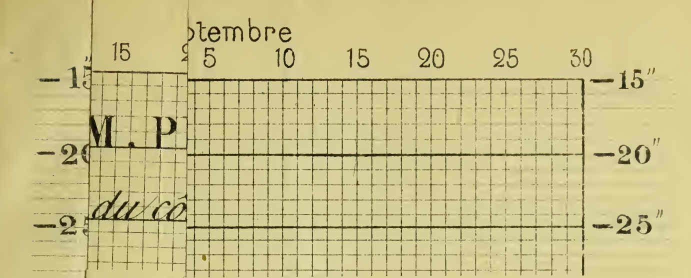
[1] Pour la dixième année et les précédentes voir *Archives des Sciences physiques et naturelles,* t. XX, p. 545, décembre 1888.

Variations d'inclinaison du côté **Est** évaluées en secondes d'arc.

Octobre 1888 à Septembre 1889.

Date.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1	—104,33	—112,77	—115,19	—118,78	—122,06	—124,37	—123,67	—121,15	—109,71	—100,96	—100,15	— 98,32
2	104,45	112,29	115,62	119,11	120,82	124,69	123,45	120,88	108,58	100,85	99,67	97,79
3	104,33	112,29	115,62	120,13	121,95	124,69	123,45	120,50	109,55	100,74	99,13	97,14
4	104,39	112,82	115,88	120,66	121,63	125,34	123,57	119,75	109,01	100,69	98,70	97,52
5	104,66	112,98	116,39	121,20	122,44	125,39	123,45	118,95	108,96	99,83	97,73	97,57
6	104,88	113,15	116,85	121,42	123,45	125,44	122,76	118,95	107,62	99,78	97,73	97,52
7	104,98	113,15	117,60	121,25	123,67	125,55	122,65	118,41	106,86	100,10	98,06	97,73
8	105,14	113,15	117,66	121,25	122,97	124,96	122,65	117,87	106,33	100,10	98,27	97,73
9	105,68	113,80	117,76	120,66	123,40	123,83	122,11	117,98	105,79	99,56	98,48	97,30
10	105,90	113,74	118,30	120,23	123,51	123,62	122,22	117,87	106,33	98,38	98,48	97,73
11	106,49	114,06	118,30	120,23	123,51	122,49	122,81	117,50	105,79	98,27	98,91	98,38
12	106,81	113,90	118,30	120,29	123,51	122,33	122,81	117,17	105,79	97,79	99,93	97,73
13	107,24	113,74	118,84	119,97	124,91	122,33	122,81	116,58	106,38	97,25	100,47	97,30
14	107,67	113,74	118,84	120,02	125,93	122,44	122,81	116,58	107,02	98,86	100,42	97,09
15	108,10	113,74	119,21	120,45	126,25	122,97	122,70	115,72	107,24	99,29	100,63	97,63
16	108,53	113,41	119,21	121,36	122,70	124,26	123,24	115,67	106,27	99,40	100,04	98,38
17	108,90	113,52	119,80	121,36	122,81	124,80	123,24	114,76	105,84	100,15	99,78	99,40
18	109,06	113,63	119,86	121,90	122,11	125,39	124,05	114,70	105,20	100,04	98,86	99,99
19	109,44	113,63	120,18	121,90	121,85	124,80	123,67	114,11	104,07	100,58	98,32	100,31
20	110,03	113,95	120,18	122,01	121,60	124,15	123,24	114,65	103,53	100,10	98,65	100,42
21	110,51	114,22	119,97	122,22	121,60	123,62	122,87	114,97	103,21	100,31	99,24	100,39
22	110,94	114,22	119,79	122,44	121,60	123,03	122,44	114,17	102,73	99,78	99,93	100,39
23	111,43	114,60	119,16	122,81	122,54	123,62	122,44	113,58	103,16	99,40	99,99	100,04
24	111,70	114,70	119,05	123,24	123,30	123,57	121,74	112,56	102,73	100,47	100,20	100,15
25	111,80	115,29	118,68	123,40	123,83	124,10	122,65	111,91	102,62	100,74	100,42	100,15
26	111,96	115,83	117,93	123,57	124,37	123,40	122,49	111,53	101,55	100,63	100,58	190,74
27	111,91	115,94	118,09	123,72	124,80	123,51	122,33	111,91	101,98	101,44	100,47	101,71
28	112,34	115,83	118,51	123,45	124,21	123,89	122,22	111,48	102,08	101,49	100,47	101,38
29	112,34	115,56	118,46	123,83		124,09	122,06	111,48	101,28	101,49	100,47	101,22
30	112,45	115,51	118,46	123,45		124,26	121,60	111,48	101,28	101,06	99,72	101,33
31	112,82		118,35	122,76		123,78		110,84		100,74	99,18	

Pl. VI.



Courbes représentant la relation entre le changement d'inclinaison du sol accusé par des niveaux à bulle d'air et la température moyenne des 24 heures par M. PH. PLANTAMOUR

Les courbes partant des mots EST et EST se rapportent à des niveaux orientés de l'EST à l'OUEST; à l'accroissement positif d'une division des ordonnées correspond une élévation du côté EST d'une seconde; à un accroissement négatif d'une division correspond un abaissement de l'EST d'une seconde d'arc.

11ème ANNÉE

Les températures moyennes sont teintées en rouge

Octobre 1888 — Novembre — Décembre — Janvier 1889 — Février — Mars — Avril — Mai — Juin — Juillet — Août — Septembre

−15″ −20″ −25″ −30″ −35″ −40″ −45″ −50″ −55″ −60″ −65″ −70″ −75″ −80″ −85″ −90″ −95″ −100″ −105″ −110″ −115″ −120″ −125″ −130″ −135″ −140″

+25° +20° +15° +10° +5° 0 −5° −10°

+5″ EST 0 −5″ −10″

OEST

EST

Variations d'inclinaison du côté **Est** évaluées en secondes d'arc.

Octobre 1888 à Septembre 1889.

Date.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
1	+ 2",74	+ 0",79	— 0",58	— 3,28	— 3",20	— 4",69	— 6",64	— 7",06	— 1",87	+ 1",45	+ 2",12	+ 2",66
2	2,37	0,83	0,46	3,24	3,24	4,69	7,30	7,22	1,91	1,24	2,37	2,70
3	2,28	0,25	1,20	2,99	4,36	4,69	7,55	6,52	1,95	1,24	2,66	3,53
4	2,24	0,41	1,91	3,11	4,36	5,15	7,68	6,10	2,03	2,03	2,91	2,78
5	2,16	0,50	2,16	3,28	4,27	5,06	7,80	5,81	2,03	2,86	3,61	2,78
6	1,78	0	2,20	3,78	4,57	4,90	7,18	6,47	1.99	2,53	3,53	2,99
7	1,49	— 0,50	2,28	3,28	4,23	4,90	6,56	6,14	1,99	2,53	3,53	2,78
8	1,45	0,17	2,32	3,28	3,36	4,19	6,02	6,06	2,03	2,53	2,78	2,70
9	1,74	0,29	2,37	2,74	3,53	4,15	6,06	6,14	2,03	2,86	3,03	3,03
10	1,66	0,62	1,74	2,61	3,49	3,86	6,56	6,39	2,07	3,65	3,40	2,78
11	2,16	0,83	1,70	2,61	3,49	4,48	8,01	6,64	1,99	3,69	2,86	2,53
12	2,07	0,41	1,78	2,91	3,57	5,02	7,68	6,06	1,99	4,32	1,62	2,61
13	1,95	0,37	2,03	2,74	4,27	4,81	7,80	5,81	2,03	4,69	1,00	3,11
14	1,95	0,37	1,78	3,20	5,15	4,81	7,55	5,81	2,07	2,91	0,54	3,44
15	1,99	+ 0,04	1,82	3,65	3,86	5,06	6,97	5,10	2,07	2,41	0,58	2,86
16	1,91	0,12	1,82	3,61	3,11	6,23	7,97	4,77	2,03	1,91	1,49	1,41
17	1,80	— 0,33	2,32	3,94	3,11	6,47	7,30	4,23	1,99	1,91	2,20	0,54
18	1,66	+ 0,08	2,57	4,03	2,32	6,56	7,51	4,57	1.12	1,91	2,70	— 0,12
19	1,49	0,08	2,41	4,03	2,37	6,14	6,93	4,27	0,58	0,95	2,99	0,75
20	1,49	— 0,25	2,03	3,78	3,44	6,14	6,64	4,44	0,08	1,49	2,78	1,20
21	0,71	0,87	2,12	3,74	3,74	5,73	6,10	5,27	0	1,49	2,37	1,25
22	0,54	0,87	2,16	3,98	3,98	5,35	7,14	4,44	+ 0,71	2,24	1,99	1,25
23	0,04	0,95	1,54	3,90	5,23	6,14	7,47	3,11	0,12	2,12	1.20	0
24	0,37	0,66	1,33	3,49	5,35	5,48	7,14	2,66	0,75	1,45	0,95	+ 0,75
25	1,12	0,95	0,87	3,49	5,52	5,93	7,89	1,70	0,25	1,45	0,58	0,83
26	1,45	0,58	0,87	3,40	4,77	6,47	8,34	1,82	1,08	1,87	0,33	— 0,25
27	1,45	0,50	2,08	3,74	5,19	6,56	7,59	1,78	0,79	0,33	0,50	1,12
28	0,91	0,50	2,32	3,65	4,73	6,52	7,30	1,87	0,54	— 0,17	0,41	0,95
29	0,91	0,62	2,41	3,65		6,56	7,43	1,87	1,24	0,17	0,66	1,00
30	0,87	0,29	2,82	3,28		6,56	7,30	1,87	1,24	+ 0,83	1,12	0,75
31	0,54		3,03	3,20		6,56		1,87		1,41	1,78	

Avant d'aller plus loin je mentionnerai que pour le niveau placé plus près du milieu de la maison, orienté aussi de l'Est à l'Ouest et dont les oscillations ont moins d'amplitude, le côté que je désigne par Est′ s'est abaissé de 11″,08 et s'est relevé de 13″,03, restant au 30 septembre 3″,49 plus bas qu'au 1er octobre précédent. On voit d'après cela que ce niveau qui, en raison de sa position plus centrale, aurait dû être moins influencé que l'autre niveau par le refroidissement de la température dans la seconde moitié de septembre, a été au contraire plus éprouvé. Je n'en peux pas saisir la cause. Il a en outre présenté cette différence que le plus grand abaissement du côté Est′ ne s'est manifesté que le 26 avril tandis que le minimum de la température avait eu lieu le 13 février; d'autre part le maximum d'élévation s'est accusé le 13 juillet, comme pour l'autre niveau, avec un jour de retard sur le maximum de la température.

Revenant au premier niveau dont les oscillations sont représentées par celles du côté Est et dont les observations ont été continues pendant onze années, je voudrais faire saisir les anomalies qui ressortent de la comparaison des années entre elles.

On constate en général que le côté Est s'abaisse par un refroidissement de la température et s'élève quand la température augmente. Toutefois ces mouvements du sol ne suivent pas tous avec la même rapidité les variations de la température. Ainsi en comparant entre elles les onze années on remarquera qu'un changement brusque de la température en plus ou en moins amènera pour ainsi dire au même moment une élévation ou un abaissement du côté Est; mais les maximum d'abaissement et d'élévation ne coïncident que rarement avec le minimum ou le maximum de la température. A cet égard la onzième

année fait une exception en ce que les extrêmes de la température coïncident à un ou deux jours près, et en retard ce qui est assez naturel, avec les extrêmes du mouvement du sol. Dans les années précédentes au contraire, à l'exception d'une ou deux, le maximum d'abaissement du sol a éprouvé un retard de quinze jours à quatre mois sur l'époque du minimum de la température, et le maximum d'élévation un retard de quinze jours à trois mois sur le maximum de la température. Il est même arrivé, comme en 1881 et 1885, que le maximum d'élévation s'est accusé quatre jours avant le maximum de la température. On voit d'après cela que bien que la température paraisse être la cause principale des oscillations du sol il doit exister à côté de la température une autre cause, comme je l'ai déjà fait observer précédemment, qui contrarie l'action de cette dernière. Mais jusqu'à présent il n'a pas été possible de se rendre compte de la nature de cet agent. Pour bien faire saisir cette anomalie je ne saurai mieux faire que de mettre en regard les dates des extrêmes de la température et des extrêmes d'oscillation du sol pendant ces onze années :

Année.	DATE DU Minimum de la température.	Maximum d'abaissement de l'Est.	Maximum de la température.	Maximum d'élévation de l'Est.
1878-1879	24 décembre	15 janvier	3 août	8 septembre
1879-1880	11 décembre	28 janvier	19 juillet	9 septembre
1880-1881	23 janvier	26 janvier	19 juillet	15 juillet
1881-1882	29 décembre	13 février	25 juin	30 septembre
1882-1883	25 janvier	15 mars	8 juillet	28 août
1883-1884	9 décembre	27 avril	14 juillet	21 septembre
1884-1885	26 janvier	29 janvier	11 août	7 août
1885-1886	21 janvier	13 mars	22 juillet	6 septembre
1886-1887	16 janvier	19 février	31 juillet	2 août
1887-1888	30 janvier	1 février	5 juin	17 septembre
1888-1889	13 février	15 fevrier	12 juillet	13 juillet

Dans le cours de la première année de ces observations un des membres de la commission internationale de géodésie réunie à Genève, et qui visita mon installation, me dit qu'il serait intéressant de les continuer pendant onze ans pour voir les rapports qui pourraient exister entre les phases du soleil et ces oscillations du sol. Les onze années d'observations étant accomplies j'ai donc voulu procéder à cette comparaison. Dans ce but je ne pouvais mieux faire que de m'adresser à M. le prof. Wolf, directeur de l'observatoire de Zurich qui s'occupe de ce sujet avec une grande compétence et de lui demander de me communiquer les documents qu'il possède sur l'intensité des phénomènes observés sur le soleil. M. Wolf a mis une grande obligeance à me transmettre les résultats qu'il avait réunis sur ces onze dernières années ; on les trouvera plus bas en regard de l'inclinaison moyenne annuelle. J'avais dressé en premier lieu le tableau de la différence d'inclinaison du côté Est entre le 1er octobre et le 30 septembre suivant pour chaque année, mais il m'a semblé que des causes secondaires pouvaient avoir plus d'influence surtout sur les inclinaisons de fin d'année, qu'ainsi la comparaison manquerait de rigueur et j'ai alors procédé au calcul très long et fastidieux des inclinaisons moyennes annuelles. En mettant aussi en regard les premières on verra que je n'ai pas eu tout à fait tort de m'en méfier.

	Différence d'inclinaison du côté Est entre le 1er oct. et le 30 sep. suivant.	Inclinaison moyenne de l'année.	Intensité relative des phénomènes observés sur le soleil.
1878			3,4 minimum.
1878-1879	+ 4,19″	— 6,34″	6,0
1879-1880	—80,50	— 67,02	32,3
1880-1881	—16,81	— 96,47	54,2
1881-1882	+ 3,01	—106,46	59,6
1882-1883	— 5,64	—101,43	63,7 maximum.
1883-1884	— 3,87	—108,04	63,4
1884-1885	— 6,66	—115,23	52,2
1885-1886	+ 3,65	—113,34	25,4
1886-1887	— 3,82	—114,18	13,1
1887-1888	+ 2,31	—116,33	6,7
1888-1889	+ 3,00	—112,58	probablement un minimum.

L'année 1889 n'étant pas terminée, on n'a pas pu indiquer l'intensité du soleil pour cette année.

Si l'on se borne à comparer les deux dernières colonnes on remarquera tout de suite que si pour les trois années 1883—85 il est possible de saisir un faible rapport entre l'inclinaison du sol et l'intensité solaire, pour les autres il faut renoncer à découvrir une relation entre elles. Ainsi dans les premières années, tandis que l'intensité solaire va en augmentant, l'abaissement du côté Est s'accentue; d'autre part dans la dernière année l'inclinaison a diminué quand l'intensité solaire atteignait un minimum.

Un regard sur les planches met hors de doute l'action de la chaleur sur les mouvements du sol, mais l'ensemble des observations prouve, comme je l'ai dit plus haut, l'intervention d'une autre cause qui contrarie cette action. Il s'agirait maintenant de découvrir cette cause perturbatrice : jusqu'à présent rien ne met sur la voie.

SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

PAR

M. Ch.-Ed, GUILLAUME

La question des symboles et abréviations, bien que n'étant pas à proprement parler une question scientifique, mérite cependant, il serait puéril de le méconnaître, un moment d'attention de la part des hommes de science. Faute d'unification dans les symboles, on se trouve toujours entre l'alternative d'écrire les mots en entier, et celle de n'être pas compris. De toutes façons, on perd en détail bien au delà du temps que l'on aurait consacré à s'entendre sur les abréviations.

Dans ces derniers mois, cette question a été l'objet de discussions approfondies de la part de diverses revues françaises[1], qui en ont éclairci certaines parties. Directement engagé dans le débat, j'ai cherché à me rendre un compte exact de l'état de la question. J'essaierai d'en résumer les points essentiels, en indiquant, d'une part, ce qui est déjà acquis, et d'autre part, ce qui est actuellement faisable; enfin, je chercherai à faire ressortir les points sur lesquels une entente paraît difficile.

[1] L'*Électricien,* la *Nature,* le *Moniteur industriel,* la *Lumière électrique, etc.*

DES CARACTÈRES A EMPLOYER.

Une formule complète, de mécanique ou de physique, se compose des trois parties suivantes :

1° Une ou plusieurs abréviations de fonctions (sinus, logarithme, différentielle, etc.).

2° Un ensemble de symboles représentant des grandeurs (intensité de courant, force, etc.).

3° Diverses unités de mesure (mètre, ampère, etc.). Ces trois parties se suivent, le plus souvent, dans l'ordre de leur énumération ; si donc on veut les distinguer à première vue, il suffira d'employer, dans la partie moyenne, un caractère différent de celui que l'on adopte pour les deux autres. Or il est d'usage, dans les imprimeries, de composer les symboles en capitales romaines et en minuscules italiques ; il est donc tout indiqué de réserver en général les minuscules romaines aux fonctions et aux unités, à moins que par exception, d'autres caractères se présentent d'une façon si naturelle qu'il soit difficile de les éliminer; si, de plus, ils ne peuvent prêter à aucune confusion, il n'y a pas d'inconvénients à les admettre.

Nous ne nous arrêterons pas à la notation des fonctions qui, à l'exception du logarithme, est à peu près unifiée ; nous ferons une seule remarque. Dans la notation différentielle, l'usage, contraire en cela au principe exposé ci-dessus, est d'employer le *d* italique; en revanche, on trouve souvent le d romain dans d'anciens ouvrages. Quelques auteurs y sont revenus dans ces derniers temps ; les formules perdent quelque peu en beauté, mais elles sont certainement plus claires.

Pour les symboles des grandeurs, l'unification est beaucoup plus difficile; d'abord, chaque langue impose certains caractères (initiales des noms) qui diffèrent d'une langue à l'autre. Mais là ne réside pas la plus grande difficulté, qui pourrait être levée par quelques concessions mutuelles; elle est bien plutôt dans l'énorme multiplicité des choses à désigner, qui surpassent en nombre tous les caractères d'imprimerie qu'il est possible d'employer; à l'exception de certaines grandeurs courantes, telles que l'intensité de la pesanteur (g), un indice de réfraction (n), une longueur d'onde (λ), on ne sera jamais complètement dispensé de définir les symboles que l'on adopte dans une note, un mémoire ou un traité.

Nous arrivons à la troisième et dernière partie de la formule, l'expression simple ou compliquée qui indique les unités employées. Le nombre des unités usuelles est relativement restreint et d'un classement facile; en outre, la plupart des noms sont communs à toutes les langues, et il existe peu d'usages établis, en sorte que l'on ne rencontre pas d'obstacles sérieux à une unification; c'est à cette catégorie de notations que sera consacré le reste de cette étude.

Multiples et sous-multiples.

On évite l'emploi de nombres trop grands ou trop petits, en remplaçant les unités fondamentales par leurs multiples et sous-multiples, dont l'utilité ne saurait être contestée. En effet, l'intelligence est absolument incapable de se rendre compte de la valeur d'un nombre très grand ou d'une très petite fraction. Lorsque nous voulons nous faire une idée de ce que représente le nombre *un milliard,*

nous avons besoin d'en chercher une représentation matérielle. Nous tâchons d'estimer le rapport de mille kilomètres à un millimètre, ou d'un mètre cube à un millimètre cube, ou encore de trente-deux ans à une seconde.

On fait ici appel à la notion des multiples dont on connaît la valeur exacte. Pour les très petites fractions, on suit un procédé inverse. Que l'on se place, par exemple, en face d'une ligne droite, et que l'on cherche à estimer sa dix-millième partie; on n'y arrivera jamais par un procédé immédiat, tandis que la connaissance de certains sous-multiples conduira très sûrement au but. On estimera, par exemple, à cinq mètres la longueur de la droite à l'aide de la notion du mètre, et on n'aura plus qu'à se représenter dans l'esprit un demi-millimètre, ce que l'on peut faire assez exactement grâce à la notion du millimètre, que chacun possède.

Un exemple tiré des unités de longueur ou de temps peut paraître trop simple pour être convaincant; mais il suffit de répéter le même raisonnement pour diverses grandeurs ou divers phénomènes dont on possède la notion, pour arriver à la certitude que les multiples et sous-multiples sont nécessaires si l'on veut se faire une idée claire de la valeur de chaque chose mesurable.

Un physicien qui a fait de nombreuses mesures de courant, dans des circonstances très diverses, finit par avoir la notion très claire des effets produits par un courant de mille ampères, d'un ampère, ou d'un milliampère; pour lui, ces trois ordres de grandeur d'une même chose sont si différents, qu'il serait parfois tenté inconsciemment de leur attribuer une nature différente; il se rendra un compte exact des effets d'un courant d'un demi-milliampère, mais il serait absolument incapable de se repré-

senter les effets du même courant en partant de la seule notion de l'ampère. De même, les résistances des fils s'expriment en ohms, les résistances d'isolement en megohms, et cela presque sans exceptions, comme s'il s'agissait de deux propriétés différentes de la matière.

Nous admettrons donc que les multiples et sous-multiples sont nécessaires, et nous n'aurions même pas cherché à le démontrer si l'on ne prétendait quelquefois le contraire. Il nous reste maintenant à chercher de quelle manière ces degrés d'une même échelle doivent être espacés.

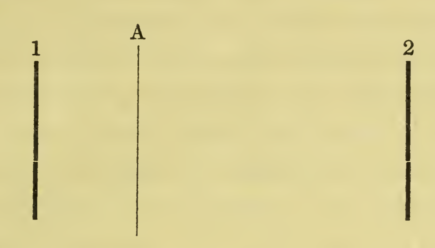
Dans cette détermination, nous partirons des deux principes suivants :

1° Les multiples d'une unité fondamentale doivent être assez voisins pour que toute grandeur puisse être exprimée par rapport à l'un d'eux par des nombres $\left(\gtrless 1\right)$ aisément accessibles à l'esprit.

2° Tout multiple inutile est nuisible, parce qu'il complique le système et embrouille les notions.

La solution se réduira donc à estimer approximativement le plus grand nombre que l'on saisit nettement. Si l'on interroge à brûle-pourpoint sur cette question des personnes non prévenues, on aura certainement plus de réponses fixant ce nombre au-dessus de 100 qu'au-dessous ; les estimations supérieures à 1000 ne sont même pas très rares. Et cependant, personne ne peut affirmer qu'il a le sentiment de la différence entre les nombres 126 et 127 par exemple, ou même 82 et 83. Là, chaque nombre isolé perd déjà sa physionomie particulière, physionomie qui évoque à l'esprit une idée nettement différente lorsqu'il s'agit de nombres tels que 6 ou 7, même 24 ou 25 pour une personne habituée aux nombres.

Mais ce procédé ne permet qu'une estimation très grossière; il en est un autre plus rigoureux qui conduit facilement au but; ce procédé consiste en une comparaison avec les observations à l'*estime*. Soient les traits 1 et 2 d'une division, entre lesquels se trouve un autre trait A, le réticule d'une lunette, par exemple; on estimera, sans



craindre une erreur d'un dixième, que le trait A se trouve dans la position 1, 3; mais un observateur exercé peut aller plus loin; dans de bonnes conditions d'éclairage et de netteté des traits, il estimera, par exemple, la position du trait à 1, 27, mais sans pouvoir garantir parfaitement la seconde décimale. L'expérience enseigne que, pour un excellent observateur, l'incertitude probable de cette seconde décimale est d'une unité environ; des erreurs de trois unités (soit $\frac{1}{30}$ environ de l'intervalle total) sont très fréquentes pour un observateur médiocre, rares pour un observateur exercé. Or la plupart des notions de grandeur relative se traduisent dans l'esprit par des longueurs qui sont dans le même rapport; les nombres abstraits eux-mêmes gagnent beaucoup en clarté dès qu'ils sont figurés par des lignes. C'est le principe des représentations graphiques qui aident beaucoup à la compréhension de la plupart des relations numériques.

Cette suite de raisonnements nous conduit à conclure qu'en moyenne, une grandeur peut-être exactement saisie par l'esprit à $\frac{1}{30}$ près de sa valeur environ. Une unité multipliée ou divisée par 30 peut donc conduire à des idées exactes sur la valeur de la chose mesurée ; si donc, les multiples et sous-multiples de l'unité fondamentale sont espacés suivant les puissances de $(\frac{1}{30})^2$ environ, ou par puissances de 1000 pour rentrer dans la numération décimale, ils formeront une échelle suffisante pour permettre d'atteindre chaque ordre de grandeur à l'aide de nombres dont l'esprit peut saisir la valeur exacte.

Les systèmes scientifiques de multiples et sous-multiples concordent par hasard avec ce principe, bien que leur élaboration paraisse avoir été uniquement dirigée par la considération des *classes* de nombres. Un certain nombre de préfixes de ce système sont déjà en usage, ce sont : *Méga, kilo, milli* et *micro*. En multipliant le plus grand multiple et en divisant le plus petit sous-multiple par des nombres aisément compréhensibles, on peut exprimer des grandeurs qui sont dans le rapport de 10^{15} à 1.

Pour les systèmes d'unités employés dans la science, avons-nous dit, la progression par puissances de 1000 est à peu près nécessaire et certainement suffisante. Elle serait suffisante aussi pour les besoins du commerce et de l'industrie. Cependant ici, d'autres facteurs entrent en jeu. Il faut considérer, en premier lieu, que, dans les mesures de longueur, de capacité ou de masse, qui se rencontrent le plus souvent, il est aisé d'acquérir rapidement, par l'usage journalier, la notion exacte d'un assez grand nombre de multiples décimaux de l'unité ; ainsi il n'est personne qui n'ait dans l'esprit des points de repère,

si j'ose m'exprimer ainsi, pour estimer un kilomètre, un hectomètre, un décamètre, un mètre, un décimètre, un centimètre ou un millimètre ; voilà pourquoi chacune de ces grandeurs porte un nom particulier ; mais au-dessous, nous arrivons dans un système scientifique, et le premier multiple usuel que nous rencontrons est le *micron*. En second lieu, chaque industrie, chaque commerce éprouve le besoin de posséder une unité fondamentale, qui est l'unité des achats et des ventes. Les prix-courants de divers commerces nous renseignent sur ce point ; on verra les prix de vente indiqués par rapport à tous les multiples décimaux du gramme, depuis le gramme lui-même jusqu'à la tonne. En règle générale, on peut dire que les prix sont donnés pour les unités que l'on fractionne rarement et dont on prend souvent un petit nombre.

Principe des notations abrégées ; manière de les écrire

La notation abrégée, employée pour simplifier l'écriture doit s'appliquer à toutes les unités, et aux multiples qui portent un nom, et qui sont mentionnés dans des écrits.

Un système rationnel doit charger le moins possible la mémoire ; il est donc nécessaire que chaque abréviation se déduise naturellement de l'expression qu'elle remplace, afin d'être comprise à première vue. Autant que possible, il est avantageux de désigner chaque unité fondamentale par son initiale et de former les multiples et sous-multiples au moyen d'une préfixe ; on possède ainsi un système complet dans un tableau à double entrée.

La désignation abrégée des surfaces et des volumes, s'ils ne portent pas un nom particulier (are, stère, etc.), présente quelques difficultés ; les abréviations adaptées de très près à une langue ont le désavantage de ne pas convenir aux autres ; ainsi, il est légal en Allemagne de désigner le mètre cube par *cbm* (*Cubikmeter*) ; mais cette abréviation ne serait pas comprise d'un lecteur français. L'inverse aurait lieu pour les abréviations *mc* ou *mmq* employées parfois en France pour désigner le mètre cube et le millimètre carré.

La seule manière de tourner la difficulté est d'adopter, comme l'a fait le Comité international des Poids et Mesures, les exposants 2 et 3 pour les unités carrées et cubes ; ce système, un peu incommode pour les compositeurs, a l'avantage de ne prêter à aucune ambiguïté.

Il reste à spécifier la position que doivent occuper les abréviations à la suite d'un nombre ; le cas des nombres décimaux est particulièrement compliqué[1]. Il règne en effet quatre usages différents à ce sujet ; l'abréviation est écrite *dans la ligne* ou *en supérieur*, après la virgule ou à la suite du nombre, comme dans l'exemple ci-dessous :

$$0{,}\mathrm{mg}41\ ;\ 0^{\mathrm{mg}}{,}41\ ;\ 0{,}41\ \mathrm{mg}\ ;\ 0{,}41^{\mathrm{mg}}.$$

Le premier mode qui coupe le nombre en deux est certainement mauvais ; le second qui n'a pas le même incon-

[1] Pour les formules, il n'y a pas de doute possible, les abréviations doivent être écrites dans la ligne. Pour les nombres décimaux, l'unification devrait commencer déjà dans la manière d'écrire le nombre lui-même. La règle devrait être de n'employer la virgule que pour séparer la décimale de la partie entière, et de ne séparer les classes que par des *espaces*. Les journaux suivent un usage absolument opposé.

vénient présente l'avantage d'être conforme à la manière habituelle de dire les nombres concrets, mais il a quelques inconvénients; en général, l'écriture en supérieur commune au deuxième et au quatrième cas (celui-ci n'a même pas les avantages du premier) s'adapte mal aux unités de surface et de volume qui obligent à échelonner des exposants; enfin, elle ne convient pas du tout à la notation des unités composées. Ainsi, pour désigner une pression et une accélération on écrira en vedette

$$p = 3{,}26\,\frac{\mathrm{kg}_{\,\mathrm{poids}}}{\mathrm{cm}^2}\,; \quad a = 1{,}84\,\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}^2}\,;$$

ou, dans la ligne: $p = 3{,}26\ \mathrm{kg}_{\mathrm{poids}} : \mathrm{cm}^2$, $a = 1{,}84\ \mathrm{cm} : \mathrm{sec}^2$. Il ne saurait être question d'écrire ces unités en supérieur; il y a donc manque d'homogénéité entre le cas général et le cas particulier d'une seule unité. La notation en supérieur donne cependant plus d'élégance à l'impression, et nous croyons qu'elle restera encore longtemps dans l'usage des bonnes imprimeries; en tout cas, il paraît prématuré de vouloir imposer une règle absolue à ce sujet.

D'une manière générale, on devrait cependant réserver l'écriture *en supérieur* pour les *positions*, et l'écriture *dans la ligne* pour les *intervalles ;* ainsi on écrira : « Une expérience a commencé à $2^{h},30^{m}$; » et « une expérience a duré 2 heures 30 minutes; » ou aussi: « Une masse d'eau a été échauffée de 30 degrés, » et « une masse d'eau a été portée à 30°. » Il serait affecté d'établir cette distinction ailleurs qu'au point de vue grammatical, s'il n'y avait des cas où l'on peut éviter une confusion par une manière rationnelle et conséquente d'écrire. Nous en donnerons

un exemple; la phrase suivante: « On a constaté, entre deux thermomètres, une différence de 1° à 5° » est tout à fait équivoque, tandis que si l'on écrit : « Une différence de 1 degré à 5°, » ou « une différence de 1 à 5 degrés, » le lecteur est immédiatement renseigné sur les deux sens que cette phrase peut avoir.

Abréviations des unités métriques.

C'est à la demande de M. Numa Droz, alors chef du Département fédéral de l'Agriculture et du Commerce, que le Comité international des Poids et Mesures s'occupa pour la première fois des notations, dans sa séance du 2 octobre 1879. Le tableau élaboré dans cette séance fut complété par plusieurs décisions ultérieures. Il est basé essentiellement sur le principe des initiales et des préfixes (da signifie déca) ; le gramme y est nommé *masse*, et les unités de volume sont séparées des unités de capacité. La nécessité de cette distinction est exposée dans un rapport présenté par le Dr O.-J. Broch, dans la session de 1880. Ce rapport éclaircit un point délicat du système métrique, et nous croyons utile d'en reproduire ici le passage le plus important :

« Pour distinguer le volume d'eau pure au maximum de densité, et le volume du décimètre cube déduit par mesure directe du prototype du mètre, il convient de désigner le premier par le mot *litre*, dont la valeur dépend de celle du kilogramme, et non pas de celle du mètre [1]. »

[1] Procès-verbaux du Comité international des Poids et Mesures pour 1880, p. 29.

Nous reproduirons maintenant le tableau des abréviations adoptées par le Comité international. On voit que les millionièmes des unités fondamentales sont simplement désignés par les lettres grecques correspondantes aux initiales des unités, et sortent, par conséquent, du système des préfixes. Il manque quelques intermédiaires pour épuiser les combinaisons des initiales et des préfixes; mais il n'y aurait sans doute rien de contraire aux décisions du Comité à se servir d'abréviations telles que hm ou dag pour l'hectomètre ou le décagramme.

Abréviations des unités métriques.

Longueurs	Surfaces	Volumes	Capacités	Masses
Kilomètre...... km	Kilomètre carré. km²	Mètre cube...... m³	Hectolitre........ hl	Tonne........... t
Mètre.......... m	Hectare......... ha	Stère........... s	Décalitre........ dal	Quintal métrique.. q
Décimètre....... dm	Are............ a	Décimètre cube.. dm³	Litre............ l	Kilogramme..... kg
Centimètre...... cm	Mètre carré..... m²	Centimètre cube. cm³	Décilitre......... dl	Gramme......... g
Millimètre...... mm	Décimètre carré. dm²	Millimètre cube.. mm³	Centilitre........ cl	Décigramme..... dg
Micron......... μ	Centimètre carré. cm²		Millilitre......... ml	Centigramme..... cg
	Millimètre carré. mm²		Microlitre........ λ	Milligramme..... mg
				Microgramm..... γ

Abréviations des unités mécaniques et électriques.

Les unités C. G. S. adoptées depuis quelques années par divers congrès forment un système dont les noms, par un singulier hasard, commencent tous par des lettres différentes; les initiales suffisent donc pour les distinguer; l'ohm fait seul exception; d'une part la lettre o est très incommode, d'autre part, ω est déjà entré dans l'usage, et il peut paraître préférable de conserver cette lettre. Peut-on craindre que la lettre a, qui désigne l'are dans le système métrique puisse prêter à confusion si on l'adopte pour l'ampère ? Ces deux grandeurs sont si étrangères l'une à l'autre qu'elles ne se trouvent presque jamais ensemble; on a du reste toujours la ressource d'écrire l'un des deux en toutes lettres.

Les unités mécaniques et électriques sont suffisamment éloignées de la représentation matérielle, et leur adoption est assez récente pour que les multiples intermédiaires aux puissances de 1000 n'aient pas encore eu le temps de s'introduire sérieusement. On peut donc encore empêcher leur adoption, et, en tout cas, ne désigner en abrégé que les multiples contenus dans les puissances de 1000.

Nous avons dit que les préfixes de ce système sont méga, kilo, milli et micro; la seconde et la troisième ont déjà leurs abréviations, k et m; il faut en créer pour les autres. Les lettres M et μ se présentent naturellement à l'esprit; la première sort, il est vrai, du système, puisqu'elle est majuscule; mais précisément pour cela, elle a l'avantage d'évoquer l'idée de quelque chose de grand; étant toujours suivie d'une minuscule romaine, elle ne

peut être confondue avec le symbole d'une grandeur. La lettre μ rappelle le micron, et force à penser à la préfixe qu'elle remplace. Ces abréviations ne chargent donc aucunement la mémoire, et seraient comprises même sans aucune explication.

Nous réunirons, dans le tableau suivant, les abréviations qui se déduisent des principes exposés ici; on voit qu'elles sont faciles à écrire et à composer, et que, si même quelques-unes sont inutiles, aucune du moins n'est en contradiction avec les besoins de la pratique.

Nous ne voudrions point prétendre que ce système soit parfait, et libre de toute objection; nous avons seulement voulu attirer, une fois de plus, l'attention des physiciens sur un objet trop négligé; nous voudrions provoquer une discussion d'où pourra résulter, espérons-le, l'élaboration d'un système d'abréviations qui satisfasse tout le monde, et dont l'usage s'imposera [1].

[1] *Note de la Rédaction des Archives.* Le système de notations et abréviations proposé par M. Guillaume pour désigner les multiples et sous-multiples des principales unités nous paraît simple et de tous points avantageux. La Rédaction des *Archives* ne peut donc qu'en recommander l'adoption et est prête à recevoir les observations et communications qui lui seraient adressées sur ce sujet. *(Réd.)*

Abréviations des unités mécaniques et électriques.

	Million (M)	Mille (k)	Unité	Millième (m)	Millionième (μ)
Force.	Mégadyne. . . . . . Md	Kilodyne. . . . kd	Dyne. . . . . d	Millidyne . . . . . . md	Microdyne. . . . . μd
Travail, unité absolue	Mégerg . . . . Me	Kiloerg . . . . . ke	Erg . . . . e	Millierg. . . . . me	Microerg . . . . . . μe
Id. pratique. . . .	Mégajoule. . . . . . Mj	Kilojoule. . . . kj	Joule = 107 Ergs . . . j	Millijoule . . . . . . mj	Microjoule. . . . . μj
Puissance	Mégawatt . . . . . . Mw	Kilowatt . . . . kw	Watt $= \frac{\text{Joule}}{\text{seconde}}$. . . . w	Milliwatt. . . . . . . mw	Microwatt . . . . . μw
Pression.	Mégabarie. . . . . . Mb	Kilobarie. . . . kb	Barie $= \frac{\text{Md}}{\text{cm}^2}$ . . . . b	Millibarie . . . . . . mb	Microbarie. . . . . μb
Force électromotrice	Mégavolt. . . . . . . Mv	Kilovolt. . . . . kv	Volt. v	Millivolt . . . . mv	Microvolt. . . . . . μv
Intensité de courant	Mégampère. . . . . Ma	Kiloampère . . ka	Ampère. . . . . a	Milliampère . . . . ma	Microampère. . . μa
Résistance électrique	Megohm . . . . Mω	Kilohm . . . . . kω	Ohm . . . . ω	Milliohm. . . . . . . mω	Microhm . . . . . . μω
Quantité d'électricité	Mégacoulomb. . . Mc	Kilocoulomb. kc	Coulomb. c	Millicoulomb . . . mc	Microcoulomb. . μc
Capacité.	Mégafarad . . . . . Mf	Kilofarad. . . . kf	Farad . . . . f	Millifarad. . . . . . mf	Microfarad . . . . μf

SOIXANTE-DOUZIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

LUGANO

Les 9, 10 et 11 septembre 1889.

(Suite et fin [1].)

Géologie.

Président : M. le prof. AMBONI.
Secrétaires : M. le prof. Carl. SCHMIDT de Bâle.
M. le prof. L. DUPARC, de Genève.

V. Gilliéron. Sur un sondage de sel gemme. — Villanova. Tremblements de terre. — C. Schmidt. Géologie des environs de Lugano. — Sayn. Ammonites de la couche à holc. Astieri de Villers-le-Lac. — Sayn. Ammonites de l'urgonien de Menglon. — L. Duparc. Composition de quelques schistes ardoisiers. — H. Pittier. Orographie de l'Amérique centrale et volcans de Costa-Rica. — V.-M. de Fellenberg. Granite et porphyre de Gasteren.

Dans la première assemblée générale, M. V. GILLIÉRON, de Bâle, fait une communication *sur un sondage pour la recherche de sel gemme*. Les salines de l'Allemagne et de la Suisse s'étant associées pour maintenir le sel de cuisine à un prix relativement élevé, les chimistes qui emploient cette substance se sont demandé s'il ne serait pas possible d'en découvrir des gisements dans d'autres cantons que ceux qui ont accordé des concessions aux entreprises actuelles. On a pensé en particulier que le muschelkalk, ter-

[1] Pour la première partie de ce compte rendu, *physique-chimie* et *botanique*, voyez *Archives*, 1889, tome XXII, p. 361.

rain à la base duquel on a rencontré le sel à Rheinfelden et à Schweizerhalle, se continuait sous le tertiaire dans la plaine de Bâle, et qu'on pourrait l'atteindre par un sondage, à une profondeur qui permettrait d'exploiter le sel qui s'y trouverait. Cette manière de voir ne s'explique que par la connaissance imparfaite que ses auteurs avaient de quelques détails de la géologie de la contrée.

Dans le lit de la Birse, au Neue Welt, sur le territoire de Bâle-Campagne, le keuper plonge à l'ouest ; il recouvre sans doute le muschelkalk ; mais ce n'est qu'à 1300 mètres de distance et à une grande profondeur, que les deux terrains arrivent sous le territoire de Bâle-Ville ; ils y sont sans doute recouverts non seulement par le quaternaire et le tertiaire, mais encore par le lias et des terrains jurassiques.

Plus au nord, au Schänzli, près de St-Jacques, les eaux ont laissé subsister dans la plaine un récif de grande oolithe qui plonge de 80° à l'ouest ; la déduction la plus naturelle qu'on puisse tirer de cet affleurement, est qu'il soit suivi, dans le territoire de Bâle-Ville, des étages jurassiques supérieurs surmontés par le tertiaire.

Au sud-est de Hörnli, le Rhin quitte la plaine triasique pour passer dans la région tertiaire. Quand les eaux sont exceptionnellement basses, on y voit, sur l'une des rives ou sur toutes deux, le muschelkalk, le keuper et le lias en positions verticales ou même un peu renversées. Après une interruption d'environ 18 mètres, c'est le tertiaire qui apparaît et continue à se montrer de loin en loin, toujours en couches verticales ou renversées et avec une puissance d'environ 150 mètres. Le passage à une faible inclinaison n'est pas visible.

A 1 $^1/_2$ kilomètre plus au nord, le muschelkalk passe

brusquement d'une faible inclinaison à un plongement de 70°, et, à un niveau plus bas, le keuper et la grande oolithe affleurent en couches renversées, en sorte qu'il est probable que le muschelkalk occupe la même position dans la profondeur.

Enfin à Istein, à 10 kilomètres au nord de Bâle, le jurassique supérieur surgit au-dessus de la plaine.

Ces observations nous apprennent que le tertiaire repose sur le lias et sur les différents étages jurassiques, résultat qu'on pouvait prévoir à priori, car la contrée a été émergée avant la fin de l'époque jurassique et est restée soumise à la dénudation jusqu'au dépôt de l'oligocène. Il est donc très probable ou bien que le tertiaire ne repose nulle part sur le muschelkalk, ou bien que, si ce dernier terrain a été débarrassé quelque part de sa couverture jurassique, ce n'est que par suite d'une dislocation qui lui a donné une position très redressée.

Le fait que le tertiaire est vertical au contact des terrains plus anciens, montre qu'il n'y aurait pas plus de chances à entreprendre un sondage sur les bords de la plaine que dans l'intérieur. Si l'on ajoute à cela que de tous les travaux de ce genre qui ont été exécutés dans différentes parties de l'Alsace et du Grand-duché de Bade, il n'en est aucun qui ait traversé le tertiaire, quoique six d'entre eux aient été poussés à des profondeurs de 240 à 300 mètres, on en conclura que la recherche du sel triasique dans la plaine de Bâle n'a pas de chance de succès.

Ce premier résultat obtenu, il restait à examiner la petite partie du coin sud-ouest du Dinkelberg, qui appartient à Bâle-Ville. Cette région est un plateau triasique dont la charpente principale est formée de muschelkalk,

surmonté souvent de keuper; on y trouve en outre un lambeau de lias et deux de grande oolithe. Elle est accidentée par une vallée d'érosion et deux vallées d'affaissement, avec retroussement normal des couches. Du côté de l'ouest le muschelkalk plonge fortement pour disparaître sous la plaine; du côté du sud il a été coupé par l'érosion du Rhin.

Il est évident que dans la plus grande partie d'un plateau ainsi constitué il serait inutile, pour plusieurs raisons, de faire des recherches de sel; mais cette évidence n'existait pas pour les environs de Bettingen. Au sud-est de ce village se trouve un vallon creusé presque jusqu'à la base du muschelkalk proprement dit, qui est là à peu près horizontal; les couches du groupe de l'anhydrite devaient donc commencer à une petite profondeur. La marne et l'argile qu'elles contiennent pouvaient avoir préservé le sel, s'il s'en était déposé dans cet endroit. Les bancs de sel ayant été atteints dans les environs de Rheinfelden et de Schweizerhalle, à des profondeurs variant de 40 à 80 mètres à partir de la base du muschelkalk proprement dit, un sondage de 100 mètres ou plus devait certainement faire traverser les assises qui pouvaient être salifères.

Le travail que résument ces lignes fut présenté aux autorités de Bâle avec une carte géologique et des profils explicatifs; il concluait en indiquant deux endroits près de Bettingen comme offrant « quelque chance de succès » à un sondage qu'on y entreprendrait. Cet exposé ayant été soumis à deux professeurs de géologie du Würtemberg et du grand duché de Bade, qui en approuvèrent les conclusions chacun de son côté, le gouvernement décida de faire exécuter des recherches à l'endroit qui présentait le plus de chances de réussite.

Le forage a duré 4 mois. Le groupe de l'anhydrite a été atteint à la profondeur prévue ; on a traversé ensuite des marnes, de l'argile, de la dolomie et du gypse, alternant les uns avec les autres, sans rencontrer trace de sel. A 70 mètres de profondeur, la roche a pris l'aspect particulièrement schisteux du wellenkalk, couche qui forme le mur du groupe de l'anhydrite, et au-dessous de laquelle il n'y a pas de sel dans nos environs. Le sondage a donc été arrêté dans cette division, à 75 mètres de profondeur.

Ce résultat tout à fait négatif rend très improbable le succès des forages que l'on pourrait encore entreprendre sur quelques points des environs de Bettingen ; mais il est permis de penser que ni le travail géologique préparatoire, ni le sondage lui-même n'ont été inutiles, parce qu'ils ont tranché une question sur laquelle on discutait depuis des années, sans avoir connaissance de la coupe visible parfois dans le lit du Rhin ; à elle seule cette donnée suffit pour montrer qu'il n'y a rien à attendre de recherches faites dans la plaine.

Cette coupe est aussi intéressante sous le rapport scientifique. Si je ne me trompe, on n'en a pas encore signalé de semblable au pied des Vosges et de la Forêt-Noire, où partout l'affaissement de la vallée du Rhin paraît avoir produit des failles et non des flexures ; mais elle n'est pas unique dans nos régions : à Flühen au midi de Bâle, les travaux d'un chemin de fer local ont fait voir qu'au bord de la plaine le jurassique est vertical ou un peu renversé ; M. Gutzwiller, qui a fait exploiter des restes végétaux dans le tertiaire affleurant à quelque distance, a trouvé que les couches plongent vers la montagne.

Ces faits montrent que la dislocation qui a produit la

vallée du Rhin est postérieure au dépôt du tertiaire, puisqu'elle a affecté les couches de ce dernier terrain de la même manière que celles des montagnes qui la bordent. Dans les endroits où la sollicitation à l'affaissement cessait brusquement, il s'est produit une faille; dans ceux où cette sollicitation allait en diminuant peu à peu du côté du *Horst* qui devait rester en place, il s'est produit une flexure. Le renversement des couches qui accompagne cette dernière est peut-être le résultat d'une poussée horizontale produite par le poids du *Horst*, et d'autant plus forte que ce dernier était plus élevé.

M. le prof. VILLANOVA, de Madrid, fait à la seconde assemblée générale un exposé très remarquable de ses vues sur les tremblements de terre[1].

Au début de la séance de la section de géologie M. le prof. C. SCHMIDT, de Bâle, donne des renseignements détaillés *sur la géologie des environs de Lugano* comme préparation à la course géologique qui va avoir lieu dans cette région. Pour ne pas faire double emploi avec le compte rendu de cette excursion que nous donnerons ultérieurement nous nous bornons à mentionner ici la communication de M. Schmidt.

M. SAYN de Montvendre parle ensuite de quelques *Ammonites de la couche à holc. Astieri* de Villers-le-Lac.

Il a pu, grâce à l'obligeance de M. Jaccard étudier une intéressante série d'Ammonites de la couche à *holc. Astieri*

[1] La communication que M. Villanova nous avait promise ne nous étant pas parvenue, nous sommes obligés de renoncer à rendre compte de ce travail.

de Villers-le-Lac, couche intercalée comme on le sait entre le valanginien et l'hauterivien.

Les espèces de ce gisement qu'il a examinées sont les suivantes, en partie citées par divers auteurs.

A. (*holcostephanus*) *Astieri* d'Orbigny.

A. (*holc.*) *Carteroni* d'Orbigny.

A. (*holc.*) aff.*h. bidichotomus* Leymerie.

A. (*holc.*) *cfr. h. grotrani* Neumayr et Uhlig.

A. (*hoplites*) *Arnoldi* Pictet et Campiche.

A. (*hop.*) nouv. form; du groupe de *hop. neocomiensis.*

A. (*cosmoceras*) *verrucosus* d'Orbigny.

Il est intéressant de retrouver associé aux espèces caractéristiques du néocomien du Jura et de l'Allemagne du Nord, *A.* (*cosmoceras*) *verrucosus,* qui n'avait jamais été cité, du moins à sa connaissance, en dehors des marnes infra-néocomiennes à *bel. latus* du Midi de la France dont il est une des espèces caractéristiques.

Pictet avait cité et figuré de ce gisement *A.* (*hoplites*) *neocomiensis,* sans vouloir infirmer en rien cette détermination, M. Sayn dit que tous les individus de ce groupe qu'il a sous les yeux lui paraissent appartenir à une forme voisine il est vrai du *hoplites neocomiensis,* mais bien distincte selon lui par les étranglements du jeune et l'effacement des côtes sur les flancs à l'âge moyen.

En revanche, on trouve dans les couches à *bel. latus* et *hopl. neocomiensis* de Blegiers (Basses-Alpes), *hoplites Arnoldi* Pictet et Campiche.

On voit donc que la couche à *holc. Astieri* de Villers-le-Lac contient un nombre d'espèces du néocomien inférieur alpin assez élevé eu égard au chiffre total d'espèces. D'après une obligeante communication de M. Jaccard, on y trouverait aussi le *belemnites latus.*

A propos des espèces communes entre le néocomien inférieur du Jura et celui des Alpes, il ajoute qu'il possède provenant des calcaires blancs à *A.* (*Phylloceras*) *Ptychoïens* (niveau de Berrias) du col de Taulanne près Castellanne (Basses-Alpes) un exemplaire bien typique de l'*A.* (*hoplites*) *Desori* Pictet et Campiche, du valanginien de Ste-Croix.

M. Sayn parle aussi des *Ammonites de l'urgonien de Menglon* (Drome).

Il a dernièrement étudié une série d'Ammonites trouvés dans des blocs d'un calcaire cristallin à polypiers et à orbitolines éboulés au pied des escarpements urgoniens de Sadière tout près du col des Gallands, commune de Menglon. Sur ce point, situé à huit ou dix kilomètres environ du gros massif urgonien du Glandaz, l'urgonien déjà fort diminué comme puissance présente un facies à orbitolines très analogue à celui décrit récemment non loin de Menglon, à Liesches (Drôme) par M. Kilian.

Voici la liste des Céphalopodes examinés par lui, leur conservation est excellente et leur aspect rappelle celui des fossiles de Stramberg.

A. (*Pulchellia*) *Didayi* d'Orbigny r.

A. (*holcodiscus*) *Caillaudi* d'Orb. cc.

A. (*holcodiscus*) nov. sp. voisin de *holc. Morloti* Kil. rr.

A. (*Desmocerus*) groupe du *Desm. difficile.*

Hamulina sp. ? etc.

Cet ensemble de formes est caractéristique du barrémien inférieur, la plupart se retrouvent dans l'horizon de Combe-Petite (montagne de Sure). Il conviendra donc d'admettre qu'au moins une partie des calcaires coralligènes à orbitolines du Diois représente le barrémien ; il

y a longtemps du reste que M. Lory a montré que les couches à orbitolines de Vesc (Drôme) alternent avec les calcaires à *Macroscaphites Yvani.* C'est cependant, sauf erreur, la première fois que l'on trouve, en Dauphiné, dans une formation coralligène du néocomien supérieur, une faune d'Ammonites permettant de la paralléliser directement avec le facies vaseux à Céphalopodes correspondant. Bien que ses échantillons n'aient pas été recueillis absolument en place, leur gangue, leur facies, les orbitolines qu'on y voit encore attachés, la position des blocs où ils ont été trouvés, ne permettent pas d'élever le moindre doute sur leur gisement au sein des calcaires urgoniens, il reste seulement à préciser le niveau qu'ils occupent dans ces calcaires, c'est ce qu'il se réserve de faire très prochainement dans une note plus étendue sur cet intéressant gisement[1].

M. le Dr Duparc parle *de la composition de quelques schistes ardoisiers* d'époques et localités différentes et qui proviennent de Suisse et de Savoie. Ce travail a été entrepris en collaboration avec M. J. Radian. Les schistes les plus anciens, qui remontent au carbonifère, sont représentés par des schistes du Valais (Outre-Rhône, Salvan,

[1] Voici du reste à titre de renseignement et d'une façon très sommaire, la succession des couches crétacées près du col des Gallands; on a de bas en haut :

1. Niveau de Berrias.
2. Marnes à *bel. latus* et *hoplites neocomiensis.*
3. Calcaires marneux à *A. Astieri*, *A. infundibulum* et Ammonites diverses du genre *hoplites.*
4. Calcaires bleuâtres à *Crioc. Duvali.*

Ces derniers calcaires deviennent blanchâtres dans le haut, ils renferment alors des Amm. du genre *Desmoceras.*

5. Calcaires compacts urgoniens.

Sembrancher et Iserable) et par celui de Servoz, en Savoie.

Les schistes d'Outre-Rhône appartiennent à la formation carbonifère de la rive droite du Rhône (formation qui se continue à Salvan sur la rive gauche) et sont intercalés dans le poudingue de Vallorsine. De couleur grisâtre, homogènes et riches en éléments clastiques (quartz, mica), ils sont, de même que tous les échantillons valaisans examinés exempts de carbonates, mais renferment du graphite et un peu de pyrite disséminée en grains ou petits cristaux dans la masse.

Difficilement fusibles au chalumeau, même en minces éclats, ils donnent un émail grisâtre. Leur pourcentage est en gros le suivant : 61.62 SiO_2 22.21 Al_2O_3 4.45. $Fe_2O_2 + FeO$ 1.61 $CaO + MgO$ 6.54 d'alcalis, 0.69 de charbon et 3.08 de perte au feu, ainsi que 0.20 de pyrite. La densité = 2.752.

Les ardoises de Salvan présentent deux types différents. Le premier, essentiellement grenu, rude au toucher, beaucoup plus dur que les autres ardoises du Valais, est de plus infusible, et, de couleur gris clair (ce qui tient au charbon qui manque ou s'y trouve en faible quantité). Ce type est surtout caractérisé par sa forte teneur en silice, qui, sur deux échantillons examinés, est de 60,20 et 69,08 %. Ce dernier chiffre est un véritable maximum pour les schistes ardoisiers. Leur densité, bien que prise très exactement, ne paraît pas très concordante avec leur composition; elle est pour le premier de 2.902, et pour le second de 2.819. Du reste, de semblables anomalies sont fréquentes chez les schistes ardoisiers.

Le deuxième type de Salvan, représenté par l'ardoise de Bioley, est de couleur noirâtre, de grain beaucoup

plus fin et relativement douce au toucher. Sa dureté est moindre, de plus, elle fond au chalumeau, difficilement il est vrai. Sa constitution, assez semblable à celle d'Outre-Rhône est la suivante : 60.72 SiO_2 21.14 Al_2O_3 5.62 FeO 1.65 CaO+MgO 7.21 d'alcalis, 0.98 de carbone, 0.47 FeS_2 et 2.40 de perte au feu. La densité =2.799.

Quant aux ardoises de Sembrancher et d'Iserable, elles sont d'aspect et de composition différentes. La première, qui rappelle l'échantillon d'Outre-Rhône, est de couleur plus foncée; l'ensemble de ses réactions est, du reste, identique à celles des schistes précédemment décrits.

Elle donne à l'analyse : 58.90 °/₀. SiO_2 21.54 Al_2O_3 8.20 Fe_2O_3+FeO 1.90CaO+MgO 4.54 d'alcalis, 1.25 de carbone, 0,47, FeS_2 et 3.55 de perte au feu. Sa densité = 2.772.

L'ardoise d'Iserable se distingue des précédentes par sa couleur plus noire et par un éclat légèrement soyeux. Elle est homogène et difficilement fusible avec émail noir. Elle renferme : 60.90 °/₀. SiO_2 18.70$Al_2O_3$8.25 Fe_2O_3+FeO 2.89CaO+MgO, 5.60 d'alcalis, 3.18 de charbon et 1.33 de perte au feu, ainsi que 0.63 FeS_2.

Densité = 2.807 (le fer ferrique excède le ferreux).

Des essais ont été faits pour se rendre compte des variations de la composition dans différentes régions du même échantillon pour les ardoises ci-dessus mentionnées. Ces variations ne sont pas très fortes, elles portent pour la silice sur 1 °/₀ en plus ou moins à peu près. Chez d'autres schistes, ces variations sont beaucoup plus accusées.

L'ardoise de Servoz (Savoie) est très caractéristique et différente des schistes du Valais. De couleur noire, très foncée, sa schistosité est parfaite, ce qui permet d'en dé-

tacher de minces plaques. La surface de ces ardoises présente souvent des espèces de stries qui les font immédiatement reconnaître. La pâte en est très fine, homogène, au toucher graphitique.

La composition chimique des schistes de Servoz diffère surtout des précédentes par une plus grande basicité, comme on le voit dans l'analyse qui suit : 50.17 °/₀ SiO_2 24.34 Al_2O_3 8.18 Fe_2O_3+FeO 3.21 Ca O+MgO 5.90 °/₀ d'alcalis, 5.15 de carbone, 0.78 FeS_2 et 2.15 de perte au feu.

La densité =2.754. C'est l'ardoise la plus riche en graphite que nous ayons rencontrée. Elle ne renferme pas de carbonates.

L'étude microscopique des schistes dont il vient d'être question n'est pas terminée, et les résultats qui suivent nécessairement incomplets. Elle permet cependant de reconnaître que la structure de ces schistes est semblable à celle des ardoises d'âge plus ancien, qui ont, comme on le sait, fait l'objet de nombreux travaux. Sous le microscope, ces ardoises apparaissent très compactes et de grain différent. Les éléments clastiques y sont abondants et quelquefois fort prédominants (Salvan 1). C'est principalement le quartz, en grains irréguliers, de grosseur uniforme, mais variable dans les différents schistes, ainsi que la muscovite en lamelles qui s'y rencontrent ; le quartz quelquefois avec inclusions liquides de forme ovoïde, munies de leur libelle. Ces éléments sont accompagnés de traînées irrégulières d'une matière de nature chloritoïde, ainsi que de plages de chlorite verte plus ou moins abondante, quelquefois pouvant manquer. La pyrite se rencontre dans tous les schistes en grains disséminés dans la masse, d'autrefois concentrés sur certains

points, fréquemment entourés par la matière chloritoïde. Les microlithes caractéristiques existent, leur nature reste à déterminer.

Un fait curieux, c'est que les schistes carbonifères examinés sont tous exempts de carbonates.

Ce fait se retrouve en partie chez d'autres schistes plus anciens mentionnés dans la littérature et qui, généralement, ne renferment pas de carbonates ou seulement de faibles quantités.

Au contraire, pour les ardoises postérieures au carbonifère que nous avons examinées, les carbonates s'y trouvent en forte proportion, ainsi que le montre le tableau qui suit :

		SiO_2	$CaCO_3$	$MgCO_3$	FeS_2
Savoie	Morzine (lias)...	35.06 %	49 %	2.01	1.07
	Petit-Cœur	21.31	59.76	1.65	1.74
	La Chambre....	40.38	28.67	0.90	2.16
Suisse	Elm (éoc.)	33.27	40.57	0.33	2.25
	Pfäffers........	44.44	23.78	0.90	0.92

Plusieurs de ces schistes sont, comme on le voit, de véritables calcaires argileux.

Si toutefois on cherche la composition en pour cent de l'argile des schistes calcaires, on tombe sur les mêmes chiffres que pour les schistes ardoisiers sans carbonates, fait déjà mentionné par Pfaff pour les schistes d'Elm.

M. H. Pittier, directeur de l'Observatoire de San José de Costa-Rica, communique les faits suivants *sur l'orographie de l'Amérique centrale et les volcans de Costa-Rica.* Le voyageur qui parcourt l'Amérique centrale et compare ensuite les données géographiques éparses dans divers auteurs avec les faits de son expérience personnelle est inévitablement frappé des erreurs et des contradictions

qui fourmillent de toutes parts. Même dans les ouvrages les plus modernes, on trouve un mélange confus d'indications erronées, transmises de description en description depuis les temps de la conquête espagnole avec d'autres plus exactes, mais plus ou moins défigurées pour faire place aux premières.

Ce fait devient évident lorsqu'on aborde la question des volcans centro-américains. Autant d'auteurs, autant de contradictions, et l'on peut dire sans crainte d'être taxé d'exagération que l'étude de ces foyers éruptifs est aussi avancée aujourd'hui qu'au temps de Humboldt. Même le récent ouvrage de M. de Montessus renferme sur le chapitre de leur distribution, de leur nomenclature et de leur dénombrement des erreurs telles, en ce qui touche au Costa-Rica, qu'on peut craindre à juste titre que les données recueillies par le savant auteur sur les volcans des autres républiques ne soient souvent fantaisistes au premier chef et entachées, à son insu, de l'exagération inhérente à la riche imagination des Hispano-Américains.

Étant donc donné notre état d'ignorance, concernant la géologie de la partie du continent colombien comprise entre les sources de l'Atrato et l'isthme de Tehuantepec, on peut considérer comme prématurée toute tentative faite en vue de grouper les volcans de cette région en prenant comme base leurs relations orogéniques.

On peut du reste faire mieux que se borner à considérer, suivant l'antique usage, les divers systèmes de montagnes de l'isthme comme un anneau des Cordillères des Andes. Ce serait déjà rendre un immense service à la géographie que de balayer une bonne fois de nos innombrables manuels cette phrase stéréotypique qui fait longer les deux Amériques, c'est-à-dire deux continents absolu-

ment distincts, par une chaîne unique s'étendant du cap Horn jusqu'à l'extrémité d'Alaska. Pour autant que nous l'enseigne ma propre expérience, il existe déjà dans la prétendue Cordillère une solution de continuité parfaitement marquée au point où le fleuve Atrato prend son origine, c'est-à-dire vers le septième degré de latitude boréale. J'ignore si la dépression qui s'observe en cet endroit correspond à un ancien détroit mettant en communication les deux océans, mais je crois pouvoir admettre *à priori* que c'est en ce point que commencent les chaînes centro-américaines, avec des caractères géologiques et géographiques bien déterminés et différents de ceux de la haute Cordillère des Andes. D'un autre côté la dépression mieux étudiée de Tehuantepec, à une altitude minimum de 204^{m}, sépare au nord d'une manière non moins absolue le système mexicain du Sempoatepec des montagnes de Chiapas et du Guatémala. Ici, la présence de formations sédimentaires sur toute la ligne suivie par le chemin de fer projeté, ne laisse aucun doute sur la communication des deux océans dans le courant ou à la fin du tertiaire.

Les deux dépressions signalées séparent donc l'isthme centro-américain des deux grandes Amériques et en font une individualité géographique bien déterminée. Dans celle-ci, d'autres dépressions plus marquées encore nous permettent de distinguer des massifs nettement définis et plus naturels que ceux basés sur le groupement hypothétique des volcans. Ce sont: 1° Le *système de l'Atrato* entre la première dépression signalée et le col de Culebra (76^{m}) par où passe le canal de Panama, 2° le *système panameño-costaricien*, entre ce dernier et la dépression de Rivas (46^{m}) continuée à l'est par la vallée du fleuve San-Juan, puis enfin 3° le *système nicaraguo-guatémaltèque*, au nord de

cette coupure et jusqu'à la ligne de division de Tehuantepec.

La plupart des auteurs font commencer l'Amérique centrale à l'isthme de Panama, laissant en dehors le système de l'Atrato. La question reste à débattre, mais, pour des considérations d'ordres divers et trop longues à énumérer ici, je pencherais pour l'autre alternative.

Quoi qu'il en soit, le groupement proposé me paraît devoir servir de base à toute étude orographique sur le Centre-Amérique, parce qu'il possède l'avantage incontestable d'être indiqué par la nature elle-même.

Il sera du reste facile d'établir des divisions d'ordre inférieur. C'est ainsi que pour la partie septentrionale du système panameño-costaricien, dont je me suis spécialement occupé, nous pouvons établir deux groupes secondaires : la *Cordillère du sud ou de Talamanca,* et celle du nord, ou *Cordillère volcanique de Costa-Rica.* Le col d'Ochomoga, à 1530^{m} environ, les sépare et nous indique la hauteur maximum d'une zone de formations sédimentaires s'étendant d'un océan à l'autre par les vallées du Tirribi (Rio Grande de Tarcoles) et du Reventazon. J'ai rapporté de cette zone une certaine quantité de fossiles qui sont entre les mains de M. le prof. Renevier, au Musée géologique de Lausanne, et qui permettront sans doute de déterminer avec quelque exactitude les affinités stratigraphiques des divers gisements déjà reconnus.

La Cordillère de Talamanca n'offre aucun volcan actif. La région du sud, soigneusement explorée vers 1874 par W. Gabb, a plusieurs sommets importants, comme le Pico-Blanco (2914^{m}), qui est un cône fermé, le Róvalo et l'Ujum. Il reste encore à vérifier si ces deux derniers sont des volcans éteints. Au nord, vers les sources du

Reventazon, se trouve le puissant massif du Dota dont le point culminant, vu du volcan Irazu, offre tous les caractères d'un double cône, c'est-à-dire d'un grand cratère concentrique à un autre plus petit, en outre, des chasseurs qui en ont atteint la cime m'ont rapporté qu'on y voit une lagune, laquelle est sans doute de nature cratérique. Il s'agit donc probablement d'un volcan éteint. Quant au Chirripó, il ne suffit pas non plus de l'affirmation des habitants du pays pour en faire un foyer actif, car, comme l'a fait remarquer avec raison le Dr Frantzius, ils appellent indistinctement *volcan* tout sommet élevé. Reste enfin le groupe isolé de la Herradura, vers la côte du Pacifique. M. de Montessus déclare l'avoir vu fumer, ceci contrairement à l'affirmation de Frantzius, qui a observé cette montagne pendant une douzaine d'années, sans pouvoir y découvrir aucun indice permettant de conclure à son activité. Je ferai noter au surplus que, hormis les cas d'éruption exceptionnelle, les volcans de Costa-Rica ne fument pas, mais se bornent à émettre des vapeurs sulfureuses qu'on peut à peine prétendre voir d'une certaine distance. Jusqu'à preuve contraire, donc, nous dirons qu'il n'y a actuellement aucun volcan actif dans la partie du territoire de Costa-Rica située au sud de la ligne de division passant par le col d'Ochomoga.

Dans la chaîne volcanique du nord, nous pouvons distinguer deux sections déterminées par un changement d'orientation de l'axe de la Cordillère. De l'Irazú au Poás, celui-ci se dirige sensiblement de l'est à l'ouest et donne lieu au chaînon central ; ensuite, il s'infléchit au nord-ouest et sépare ainsi du premier le chaînon du Miravalles, dans lequel les volcans de ce nom et du Tenorio paraissent encore donner des signes d'activité. Cette section de

la chaîne du nord est encore en grande partie inconnue. J'ai en revanche exploré assez à fond les hautes régions du chaînon central, formé des trois massifs de l'Irazú, du Barba et du Poás, dont les deux extrêmes offrent encore des cratères actifs. L'Irazú à l'est présente deux foyers, le Turialba (3358^{m}), remarquable par sa forme typique et ses fortes éruptions de 1863-1866 et l'Irazú proprement dit (3414^{m}) dont l'immense dôme n'est qu'un complexe de cratères d'âges différents. Le Poás (2644^{m}), à l'ouest, offre les plus beaux types caractéristiques que j'aie encore pu observer. L'ancien cratère, qui se trouve au point culminant du massif, est d'une forme parfaitement régulière et occupé par une lagune d'eau limpide et pure ; le foyer aujourd'hui actif est à 300^{m} plus bas, vers le nord : son fond est rempli par une lagune bouillonnante d'une température atteignant 76° C. et dont l'eau est acide au point d'attaquer rapidement les métaux et les tissus organiques. Le Barba est complètement éteint et doit l'être depuis plusieurs siècles. La prétendue éruption boueuse de 1776 n'a du être autre chose qu'une débâcle résultant du barrage d'un cours d'eau par un éboulement, et il a fallu l'esprit prime-sautier aiguillonné par la peur et dénué de tout critère scientifique d'une personne ignorante pour attribuer à ce sommet que j'ai moi-même exploré à plusieurs reprises, une part quelconque dans les récents tremblements de terre du Costa-Rica.

Un fait digne d'être noté ici, c'est que les cratères successifs de ces trois groupes volcaniques du Poás, du Barba et de l'Irazú paraissent s'être développés suivant une ligne transversale à l'axe de la chaîne et, en général, dans le sens du sud au nord. Seul le Turialba ferait exception.

J'ajouterai un mot sur la géologie générale du Costa-Rica. C'est une erreur de croire que les formations volcaniques occupent la majeure partie du territoire; on reconnaît la présence d'un axe éruptif principal, formant l'échine du système et contre lequel viennent s'adosser des deux côtés des formations sédimentaires dont les plus anciennes, intérieures et en contact avec les masses éruptives, paraissent appartenir au crétacique supérieur. Ces formations latérales se relient sur plusieurs points, comme dans la ligne du Reventazon-Tirribi, déjà signalée. L'étude détaillée de la géologie du Costa-Rica révélera assurément une foule de faits intéressants concernant la relation de ces strates avec la masse des volcans.

J'aurais voulu entrer dans quelques détails sur la période de tremblements de terre qui s'est fait ressentir au Costa-Rica d'octobre 1888 à février 1889, avec un maximum d'intensité à la fin de décembre, et dont j'ai moi-même étudié la marche avec tout le soin possible. L'espace me manquant pour le faire, je me bornerai à renvoyer ceux de mes collègues que cela pourrait intéresser aux rapports officiels que j'ai rédigés par ordre du gouvernement et à l'exposition détaillée qui se trouve dans le *Boletin trimestral del Instituto meteorologico nacional de Costa-Rica,* fascicule IV, 1888, pp. 43 et suivantes. De plus, il ne sera certainement pas superflu de mettre en garde contre les descriptions fantastiques publiées sur le même sujet par divers journaux et dont quelques-unes prétendent même être basées sur des documents officiels et porter par là un certain cachet scientifique.

M. le D[r] de Fellenberg communique en dernier lieu *ses recherches sur le granite et porphyre de Gasteren.*

Le granite du fond de la vallée de Gasteren est un des rares vrais granites massifs que nous ayons dans les Alpes et se distingue très nettement du granite gneissique ou gneiss granitique qui forme le noyau du massif de l'Aar, des Aiguilles-Rouges, du Mont-Blanc etc., depuis longtemps connu sous le nom de protogine. Pendant que la protogine est un granite en bancs stratifiés alternants avec des bancs schisteux d'allure gneissique, le granite de Gasteren est d'un grain homogène de moyenne grandeur. Il est sillonné de fissures presque verticales ou s'infléchissant vers le centre du massif, qui le subdivisent en bancs de forte inclinaison ou verticaux d'un $^1/_2$ à 1 $^1/_2$ mètre environ d'épaisseur. Un autre système de fentes le coupe en sens inverse dans des directions peu inclinées sur l'horizon et de surface convexe, de sorte que le granite montre en beaucoup d'endroits une structure en bancs de plus d'un mètre d'épaisseur de forme conchoïde ou en calottes arrondies. Ces deux directions se coupent sous des angles se rapprochant du droit et détachent des blocs de formes parallélipipédiques à certaines faces concaves ou convexes. On a aussi en différents endroits voulu avoir vu une structure plus ou moins columnaire du granite de Gasteren. Ce véritable granite forme un massif aux confins plus ou moins rectilignes, affectant la forme d'un trapèze et s'étendant du fond de la vallée de Gasteren, du Brandhubel, par-dessous la base du Doldenhorn et de la Blümlisalp en haut, du col de Lœtschen et de la base du Hockeberg et Sackhorn au sud, jusqu'à la base du Breithorn de Lauterbrunnen, où il paraît sur le versant sud de cette cîme dans le fond du glacier de Jägi au nord de la vallée de Lœtschen. Il faut admettre que le granite de Gasteren s'étend au-dessous du

glacier d'Alpetli, du Kanderfirn et Tschingelfirn, formant la base du Lœtschenthalgrat ou Petersgrat sur toute la largeur du plateau élevé qui s'étend de la base sud des Alpes calcaires de la chaîne de la Blümlisalp, jusque dans le fond des vallées latérales du côté nord du Lœtschenthal, du fond du Inner- et Ausser-Taflerthal, des vallons de Telli, Mühlbach, Golnbach, etc., jusqu'au col de Lœtschen où il paraît sur une grande étendue, en partie recouvert par le verrucano et son conglomérat (poudingue), à l'ouest recouvert par les hautes parois de calcaires du Balmhorn et à l'est recouvert par une série de sédiments en stratification renversée, à savoir verrucano et dolomie-corgneule recouverts par des schistes cristallins, comme au Hockeberg et Sackhorn. Dans toutes les petites vallées latérales au nord de la vallée principale de Lœtschen on trouve le granite de Gasteren au fond des cirques, au pied des hauts plateaux de Lœtschenthalgrat, ainsi au glacier de Mühlbach, de Tennbach, de Telli, de Ausser-Tafler, Inner-Tafler et Jägi, partout recouvert par des couches de schistes cristallins ou schistes verts (schistes de Casanna?) plongeant vers le sud-est.

Partout où l'on rencontre le granite de Gasteren il montre les mêmes caractères minéralogiques ou pétrographiques permettant de distinguer deux variétés principales, l'une verdâtre et l'autre rose-fleur de pêcher.

La constitution du granite de Gasteren est un mélange à grain moyen de deux feldspaths, *orthose* et *plagioclase;* le plagioclase est gris verdâtre moins luisant que l'orthose de couleur blanche et ce dernier moins décomposé que le plagioclase. La structure du granite de Gasteren est absolument irrégulière et sans directions principales (richtungslos). Le mica est une *Biotite brune* opaque qui forme des par-

ties cristallines et des cristaux hexagonaux bien déterminables. Le quartz s'y trouve sous forme de grains anguleux, répartis dans toute la masse. D'après Schmidt la coloration du plagioklase de la variété rose provient d'oxydes de fer mêlés au feldspath et non d'une altération de celui-ci, comme on était jusqu'alors enclin à le croire. Ce qui nous intéresse le plus aujourd'hui c'est une roche qui se trouve fréquemment dans le granite de Gasteren et qui a été décrite depuis bien des années sous le nom d'eurite, de felsite, quarzite, etc. et qui aujourd'hui, où nous avons à nous occuper des porphyres du lac de Lugano, peut avoir pour nous un intérêt majeur, ayant aussi été déterminée comme de *vrais porphyres.* Déjà M. B. Studer dans sa *Géologie de la Suisse,* vol. I, pag. 182, parle du granite de Gasteren : *Eine damit verwachsene Abänderung enthält, wie auf der S. W. Seite der Aiguilles Rouges rosenrothen bis dunkelrothen Feldspath und dunkelgrünen Talk. Auch die vielen weissen Euritgänge; die in diesen Gesteinen aufsteigen, errinnern an die westlichen Centralmassen.*

En faisant le relevé de la carte géologique au $^1/_{100\,000}$ sur feuille XVIII j'ai été étonné avant d'arriver en montant de la vallée de Gasteren à l'Alpe de *Im Selden* de rencontrer, au premier abord des roches granitiques au *Brandhubel,* une roche blanchâtre de pâte très fine, légèrement grenue, que je pris pour de l'eurite. En avançant dans l'intérieur du profil je trouvai bientôt le granite caractéristique à grain moyen de Gasteren. Plus tard en passant le Lœtschenpass on arrive, après avoir traversé la mince couche de verrucano, sur des places dénudées de granite. Là aussi on remarque des gisements considérables de cette roche homogène, pâteuse, un peu grenue qu'on désignait sous le nom d'eurite ou felsite, etc.

Plus loin encore en montant depuis la vallée du Telli au glacier de Telli pour redescendre à Lötschen par le glacier de Tennbach, je découvris des roches isolées granitiques montrant de superbes faces polies récemment, qui émergeaient du glacier qui les recouvrait naguère.

Je fus de nouveau étonné de trouver des places entières d'une roche rose et violacée formée d'une pâte uniforme, compacte et tout à fait *euritique*. Dans des coupures de ce même rocher je trouvai le plus beau granite grenu rose qu'on puisse voir. J'ai pu faire la même observation à la base sud du *Breithorn de Lauterbrunnen* où je découvris le *granite verdâtre de Gasteren* dans des petits rochers émergeant du glacier qui les avait couverts peu avant et qui étaient de toute beauté, à cause de leurs stries glaciaires et de la fraîcheur de la roche. Là aussi des places irrégulières tout à fait euritiques avec une transition par une vraie granulite à un beau granite à gros grains (voir les échantillons). L'endroit le mieux situé pour étudier ces variations du granite est au versant sud du Hockehorn un peu à l'ouest de la *Satellegi*, à l'endroit appelé sur la carte Siegfried *In den Simmeln*. Là on voit d'abord la couverture euritique du granite, puis le gros granite grenu verdâtre, puis des filons d'eurite et enfin on se trouve vis-à-vis d'une masse compacte d'une belle roche grise à pâte homogène avec cristaux de mica que le Dr Schmidt a désignée comme n'étant autre chose qu'un vrai porphyre (voir les échantillons). Schmidt a analysé les porphyres de Gasteren et les variétés de granite porphyrique au microscope et a déterminé les uns comme des vrais porphyres de filons et d'autres comme des *granophyres*. Dans ce dernier le granite prend une structure porphyrique très distincte, il devient pâteux et moins grenu. Le vrai porphyre, par contre, qui apparaît sous forme de filons et de

masses irrégulières qui donnent sur le granite comme une couverture, tranche très nettement avec celui-ci. Là où les *filons de porphyres* ne sont que de peu d'épaisseur la masse de la roche est d'une pâte fine et homogène, les minéraux cristallisés comme les feldspaths et le mica à l'état microscopique. Par contre au-dessous du Hockehorn à *In den Simmeln* où le porphyre forme une masse importante, il est développé en vrai porphyre où les cristallisations sont distinctes dans la *pâte* principale. Ainsi on distingue à vue d'œil la plagioklase, l'orthose et la biotite cristallisée. Cette dernière variété a été désignée par le Dr Schmidt sous le nom de *Porphyre granitique pauvre en quartz* (voir l'échantillon). Nous avons donc dans le massif granitique de Gasteren une nouvelle et importante localité de filons de porphyre et de variations de granite avec des roches porphyriques. Cette contrée mérite d'être étudiée de plus près et en détail en suivant l'exemple du prof. *Graeff* de Fribourg en Brisgau qui y a été cet été et j'engage les collègues qui s'y intéressent à visiter cette localité pour l'avancement de la science.

Zoologie.

Président : M. le prof. Studer.
Secrétaire : M. le Dr Calloni.

Prof. Pavesi. Notes physiques et biologiques sur trois petits lacs tessinois. — Fischer-Siegwart. Considérations sur des albinos de salamandre.—Dr Urech. Recherches chimico-analytiques sur les chenilles. — L. Zehnter. Développement du Cypselus melba.—S. Calloni. Fauna nivalis lepontica.—S. Calloni. Insectes fécondateurs du colchicum autumnale. — F.-A. Forel. Sondages des lacs tessinois.

M. le prof. Pavesi présente des observations sur la

faune des lacs tessinois (lacs de Muzzano, Piano et Delio)[1].

M. Fischer-Siegwart de Zofingue expose quelques *considérations sur des albinos de salamandre tachetée* qu'il montre. Le 22 avril de cette année, une femelle de salamandre, dans le *Terrarium,* déposa sept larves, dont une morte et six vivantes. Ces dernières étaient toutes des *albinos,* qu'il n'a point réussi à élever. Un fait curieux, c'est que la même salamandre mère, acquise au *Terrarium* en mars de 1888, avait produit 24 petits, tout en se trouvant dans un récipient qui ne renfermait aucun mâle. Il faut donc admettre une copulation qui remonte à deux années et dont les effets ont duré longtemps. M. Fischer n'ose point en conclure que chez la femelle fécondée de salamandre le sperme garde sa vitalité pendant plusieurs années. Il lui semble que le fait énoncé soit plutôt relatif aux conditions spéciales du milieu et que les naissances tardives ne sont point normales, mais donnent lieu à des *albinos.*

M. le Dr Urech de Tubingen lit un long et important mémoire résumant la continuation de ses *recherches chimico-analytiques sur le corps des chenilles, des chrysalides et des papillons,* en touchant aux différents produits de sécrétion, qui se succèdent dans les étapes de la métamorphose. Il présente des échantillons des substances obtenues. Les recherches approfondies de M. Urech concernent les espèces suivantes : *Phalæna pavonia minor, Gastrophaca neustria, Dalhii euphorbiæ, Phalera bucephala, Orygia gonostigma, Vanessa japonica.*

[1] Mémoire publié in extenso dans les *Archives,* tome XXII, p. 352 (octobre 1889).

M. le prof. Studer présente au nom de M. L. Zehnter de Berne, une notice sur le développement du *Cypselus melba* ; cette communication qui sera complétée plus tard par un travail étendu, se rapporte surtout au développement du squelette. Le genre Cypselus se distingue surtout par la réduction du nombre des phalanges aux pieds. Au lieu du type général $\frac{\text{I II III IV}}{2\ 3\ 4\ 5}$ on ne trouve chez le Cypselus que $\frac{\text{I II III IV}}{2\ 3\ 3\ 3}$. Les matériaux que l'auteur a eu à sa disposition ne permettent pas de se rendre un compte exact du motif de cette particularité. Des embryons de 5-6 jours ont encore le squelette du pied en forme de filaments de blastème continus. A 8 jours les phalanges s'articulent et présentent alors le type $\frac{\text{I II III IV}}{2\ 3\ 4\ 4}$; il en est encore ainsi à 10 et 12 jours. Il manque encore une phalange au quatrième doigt. On la rencontre dans une préparation du 7e jour, dans laquelle le 2e doigt a une phalange, le 3e, deux, le 4e, trois. A la suite de ces phalanges on rencontre sur chaque doigt un fragment de cartilage non articulé. La première phalange du 4e doigt est comme une épiphyse sur le métatarsien IV, prête à se fondre avec lui. C'est ce qui est arrivé sur l'embryon de 8 jours où l'on trouve encore deux courtes phalanges. Le cartilage terminal est alors divisé en deux. Vers le 14e jour les soudures avancent. Dans le troisième doigt les phalanges 2 et 3 se soudent ; dans le 4e, la 2e seulement reste libre.

On remarque chez le même oiseau, la brièveté extraordinaire de l'humerus comparée à la longueur de la main. Chez l'adulte les rapports de longueur sont les suivants : Humerus : Radius : Manus = 1 : 1,44 : 3,47. Chez l'embryon de 8 jours les rapports des mêmes parties sont 1 : 0,86 : 1.71 et chez celui de 10 jours : 1 :

1,12 : 2,31. Il y a peu de changement jusqu'à l'éclosion; mais à ce moment l'avant-bras et la main s'allongent beaucoup, surtout la dernière. Chez de jeunes oiseaux de 3 semaines les chiffres sont 1 : 1,42 : 3,10. Il n'y a donc plus que la main qui ait encore à s'allonger.

M. S. Calloni de Lugano parle brièvement de la *Fauna nivalis lepontica.* Il a réuni sur ce sujet les données dispersées dans les écrits des auteurs, tels que Schinz, Heer, Meyer-Dür, Lavizzari, Statile, Tschudi, Pavesi, Frey-Gessner, Fatio, ... tout en y ajoutant ses observations personnelles et celles de plusieurs amis du Tessin : le Dr Pongelli, Vantussi, Federico Balli, Jacquier, Poncini, Bollati. Il a dressé d'abord à l'exemple de O. Heer, la statistique des espèces vivantes entre 2500 m. et les hauts sommets, dans les principaux massifs, Basodino, Nufenen, Pesciora, St-Gothard, sommets de Piora e de Cadlimo, Campo Tencia, Pizzo Cristallino, Rheinwald. Les tabelles énumèrent 170 formes nivales, depuis les Mammifères jusqu'aux Protistes; elles indiquent pour chaque espèce, les limites hypsométriques et les migrations périodiques ou accidentelles; on y voit si l'espèce est spéciale aux Alpes ou si elle est disjointe entre les Alpes et la région arctique; si elle est ou non répandue sur les préalpes septentrionales et méridionales. Un coup d'œil sur ces tabelles montre que la grande majorité des espèces a une distribution étendue. Les formes endémiques ne manquent point, tout comme les espèces arctico-alpines arrivées du nord avec l'époque glaciaire et aujourd'hui reléguées sur les sommets comme les entomostracés eupélagiques au fond des lacs.

M. Calloni présente une seconde communication

ayant trait aux *insectes fécondateurs du Colchicum autumnale*. Il donne d'abord quelques détails sur la structure du nectaire dans la fleur de cette plante, en complétant les descriptions de Delpino et de Herm. Müller. La fleur du Colchique est protérogyne, ce qui exige l'impollination croisée. Herm. Müller ne cite que *Bombus hortorum* comme agent de celle-ci. Calloni a observé qu'elle est réalisée par d'autres insectes, tels que abeilles, papillons (*Lycæna corydon, L. alexis, Hesperis comma*, exceptionnellement par un *Thrips*, mais surtout par une *Andrena*, *A. Cetii* de Schranck. Cette *Andrena*, lorsque le soleil brille, fait de nombreuses visites à la fleur, pour en butiner le pollen. Elle se cramponne aux anthères et souvent en provoque la déhiscence, à l'aide de ses pattes et de sa languette. Elle peut fréquenter dans une minute jusqu'à 10 fleurs; dans un quart d'heure, de 15 à 150 fleurs sur l'espace de 10 m. carrés.

M. F.-A. Forel a fait dans les lacs Majeur, de Côme, de Lugano et de Piano des sondages thermométriques qui lui ont donné les résultats suivants dans les premiers tours de septembre 1889.

	Verbano.	Lario.	Ceresio.	L. de Piano.
0m	22,0°	20,0°	21,5°	21,7°
5	20,8		20,0	16,2
10	19,1	18,6	14,6	9,0
15		15,5	8,4	
20	16,6	13,4	6,8	
25		8,0	6,3	
30	13,9	7,4	6,0	
40	11,3	6,8	5,6	
50	8,5	6,6	5,6	
60	8,1			
80	7,1	6,5	5,5	
100	6,1	6,4	5,4	
120	5,9	6,7	5,4	
150	5,7	6,1	5,3	
180		6,1		
240			5,3	
350	5,7			
419		6,1		

D'après le dire des paysans, le lac de Piano gèlerait toutes les années et la prise par la glace durerait trois mois, atteignant une épaisseur de 50 cent. Ce fait, s'il est exact, aurait un grand intérêt climatologique. En effet le lac de Lugano, qui n'en est distant que de 4 kilom. et dont l'altitude est à 15 m. près la même, ne gèle jamais. Cette différence de régime dépend uniquement de la différence de profondeur des deux lacs. M. Forel demande instamment aux naturalistes de Lugano d'organiser des observations attentives sur la congélation des lacs de Piano et de Muzzano.

A la suite de l'exposé de M. Lenticchia[1] sur la coloration jaune du lac de Lugano en mars 1887, M. F.-A. Forel raconte qu'il a étudié l'eau du lac de Lugano dans une excursion faite le 8 septembre 1889 à San Mamette. Il a constaté que ses eaux sont beaucoup moins limpides que celles de ses voisins les lacs de Côme et Majeur ; ces derniers ont actuellement une profondeur limite de visibilité de 6 m. Celle du lac de Lugano n'est que de 3 m. En second lieu la couleur du Ceresio est beaucoup plus claire, d'un vert plus brillant, plus jaune que celle du Lario et du Verbano. La couleur de ces derniers lacs était, en septembre 1889, caractérisée par les n°s VI à VII de la gamme Forel, 20-27 °/₀ de jaune dans le bleu, tandis que le lac de Lugano est du n° VIII, 35 °/₀ de jaune.

Une pêche au filet pélagique explique ces différences. L'eau du Ceresio fourmille d'organismes inférieurs et en particulier d'une algue jaunâtre, en petits flocons opaques, qui sera soumise à l'étude des botanistes.

[1] Voy. la Section de botanique.

Est-ce la même algue qui a apparu en plus grand nombre et qui a causé la turbidité de l'eau que M. le professeur Lenticchia a décrite?

En se basant sur les faits connus ailleurs de l'apparition temporaire d'algues pélagiques qui se développent dans les eaux des lacs chaque année à la même époque, M. Forel suppose que, si l'on y fait attention, on retrouvera à la même saison une apparition analogue à celle qui a eu un si grand développement en 1887.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Karl Sulzberger... Methode zur Bestimmung... Méthode de détermination de la conductibilité électrique des électrolytes en solutions étendues au moyen d'un condensateur et recherches sur l'exactitude de la loi d'Ohm pour ces solutions. Thèse, Zurich 1889.

La solution est contenue dans un tube capillaire terminé par des vases où plongent des électrodes sans polarisation. L'une des électrodes est liée à l'un des pôles d'une pile constante dont l'autre pôle est à la terre; le courant qui traverse la solution est employé à charger un condensateur, qui, par le jeu d'un commutateur automatique, est déchargé à travers un galvanomètre lorque le courant a passé pendant un temps exactement mesuré. L'auteur montre que si E est la charge maximum que la pile peut communiquer au condensateur de capacité C, e_{t_1} et e_{t_2}, les charges qu'il possède au bout des temps t_1 et t_2, la résistance W du conducteur que parcourt le courant de charge est donnée par la formule

$$W = \frac{t_1 - t_2}{\log^{\text{nat.}}\left(\frac{E - e_{t_1}}{E - e_{t_2}}\right) . \; C}$$

Cette méthode a été appliquée à diverses solutions de sulfate de zinc et de sulfate de cuivre et a donné des résultats satisfaisants. Elle a l'avantage de supprimer, sans introduire de polarisation appréciable, l'influence fâcheuse de la self-induc-

tion des résistances de comparaison qu'il faut employer dans le procédé habituel des courants alternatifs.

Dans la seconde partie de son travail, M. Sulzberger examine si l'intensité du courant qui traverse un même électrolyte est bien proportionnelle à la différence des potentiels à ses deux extrémités et arrive à la conclusion que la loi de Ohm est encore applicable aux grandes résistances électrolytiques des solutions étendues. C. S.

CHIMIE

A. Hantzsch. Action du chlore sur le phénol en dissolution alcaline. (*Berichte*, XXII, 1238, Zurich.)

Il se produit d'abord l'acide I, $C_6H_5Cl_3O_4$, qui réduit, perd un Cl, II, puis par l'action de la potasse donne la dikétone $C_6H_5ClO_2$; ces acides traités par le Br et l'eau, puis par SO_4H_2 ou une base donnent les produits suivants :

CO_2 — CClBr COCBr — COOH COOH

CO_2 — $CClBr_2$ $COCBr_3$ — COOH COOH

I : COOH | COH ; CCl_2, CH_2 ; COH═CCl

Réduit

II : COOH | COH ; CClH, CH_2 ; COH═CCl

Par H_2SO_4. COOH | CO ; CCl_2H, CH ; CO—CH

Par réduction

Par H_2SO_4. COOH | CO ; $CClH_2$, CH ; CO—CH

Par un alcali. COOH | CH ; CO, CH_2 ; CO—CHCl

Par distillation.		Par distillation.	Spontanément.
CO		CO	CH_2
CCl_2 — CH_2	Par réduction	$CClH$ — CH_2	CO — CH_2
CO — CH_2		CO — CH_2	CO — $CHCl$

Le brôme et l'eau décomposent donc ces acides en acétones chlorobromées; l'acide sulfurique leur enlève HCl et il se forme des acides dikétoniques qui perdent facilement CO_2 pour donner des dikétones.

PHYSIOLOGIE

IOFÉ. RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES SUR L'ACTION POLAIRE DES COURANTS ÉLECTRIQUES. (Thèse inaugurale. Genève, 1889).

La thèse dont nous rendons compte ici est la continuation de la thèse *Baroncelli* qui, comme la présente, a été élaborée dans le laboratoire de physiologie de la Faculté de médecine de Genève.

M. Baroncelli avait prouvé l'*existence* d'une excitation *unipolaire* pour les courants dont l'action physiologique est minimale et il conclut en théorie qu'une telle excitation doit être admise aussi pour les courants ordinaires de la pile dont l'intensité est plus forte, quoiqu'il ne soit pas possible de prouver directement son existence pour les courants dont l'intensité surpasse le minimum qui agit sur un nerf moteur.

L'expression de excitation unipolaire est prise dans le sens qui lui a été attribué d'abord par *Chauveau* de Lyon, c'est-à-dire l'action exercée par une électrode quand cette électrode est seule en contact immédiat avec le nerf ou le muscle, pendant que le *courant* qui part de ce point de contact, dans tout son chemin vers l'autre électrode, a une diffusion telle qu'on ne peut lui attribuer aucune action physiologique visible.

La doctrine classique admettait dans les derniers temps que

l'irritation par le courant électrique au moment de la fermeture, appartient exclusivement au pôle négatif et qu'un fort courant peut à son *ouverture* produire une irritation par la disparition de la polarité positive.

M. Baroncelli avait déjà prouvé dans sa thèse que cette doctrine n'est pas d'accord avec les faits. Le pôle positif comme le négatif peut être irritant au moment de la fermeture. Mais l'irritation par l'un ou par l'autre pôle est liée à des conditions différentes. Dans les expériences sur des grenouilles l'irritation par le négatif est plus fréquente quand on se sert de courants faibles, mais quand on emploie des courants un peu plus forts les deux pôles deviennent irritants. On trouve des grenouilles chez lesquelles les conditions sont renversées et dans ce cas le pôle positif irrite déjà lorsque le courant est faible et on doit en augmenter considérablement l'intensité pour voir enfin une irritation par le pôle négatif s'associer à l'irritation plus forte qui est due au positif.

M. Iofé a répété ces expériences et en a confirmé les conclusions pour les courants bipolaires et surtout pour les courants unipolaires. Ensuite il se demande laquelle de ces deux formes d'applications du courant, l'unipolaire ou la bipolaire donne une action physiologique plus énergique. L'expérience a montré que *dans tous les cas, sans exception,* (aussi dans les cas où le pôle positif a produit à la fermeture une action plus forte que le négatif), l'application unipolaire avait un effet beaucoup plus énergique que la bipolaire. Il est vrai que la résistance du circuit ne pouvait pas être la même dans les deux espèces de courant. Mais il s'est montré que pour le même courant la résistance était beaucoup plus petite dans la forme bipolaire, et pourtant cette forme donnait un effet beaucoup moins énergique. C'est donc une expérience à fortiori.

L'effet du bipolaire convenablement affaibli peut être réduit à zéro et le même courant peut donner une contraction manifeste quand on le rend unipolaire, bien qu'on l'ait rendu encore plus faible en en augmentant la résistance.

M. Iofé se sert de quelques expériences qui depuis cinq ans ont été souvent répétées dans notre laboratoire pour montrer que le pôle positif au moment de la fermeture peut exciter

non seulement le nerf, mais aussi le muscle quand il y est appliqué directement. Les muscles lisses des grands viscères abdominaux montrent une contraction où on les touche avec le pôle positif d'une pile, pendant que le point de contact avec le pôle négatif qui ne reste pas tout à fait inaltéré quand le courant est fort ne montre *jamais*, ce qu'on peut appeler une *contraction*. C'est une expérience très curieuse et évidente qui jusque-là ne m'a pas manqué une seule fois.

L'infériorité relative des courants bipolaires, qui nous était connue depuis longtemps, conduit nécessairement vers l'hypothèse que les deux pôles de la pile produisent dans le nerf deux formes différentes de mouvements moléculaires. Ces deux formes de mouvements peuvent irriter si elles arrivent jusqu'à une certaine intensité. L'intensité qui irrite n'est pas la même pour les deux pôles et la forme différente des deux mouvements fait que l'action d'un des pôles doit limiter et diminuer l'intensité du mouvement produit par l'autre. S'il en est ainsi, l'action du pôle positif ne diminue pas seulement l'effet physiologique du pôle négatif qui agit sur le même nerf, mais il faut supposer contrairement aux doctrines des écoles modernes, que le pôle négatif doit aussi diminuer le mouvement produit par le pôle positif, et pourra dans beaucoup de cas le réduire à zéro, ou à un minimum. Les expériences variées que Iofé a fait pour contrôler cette manière de voir et qui conduisent à une confirmation complète des conséquences de notre hypothèse constituent la partie la plus intéressante de ses recherches. M. S.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

OCTOBRE 1889

Le 8, fort vent du S. dans la nuit du 7 au 8.

9, forte pluie tout le jour et dans la matinée du 10.

10, il a neigé sur le Môle, les Voirons et les montagnes voisines.

11, forte pluie l'après-midi et pendant la nuit.

12, il a neigé sur le Jura et le Salève; hâlo lunaire à 10 h. du soir.

18, très forte rosée le matin.

19, rosée le soir.

20, forte rosée le matin.

21, léger brouillard dans la soirée.

22, orage au S. à 7 h. 48 m. du matin; éclairs et tonnerres pendant 5 minutes; à 8 h. 28 m. éclairs et tonnerres à l'O.

28, brouillard le matin et dans la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 7 h. matin	728,10	Le 1er à 3 h. matin	717,16
6 à 9 h. matin	725,45	5 à 1 h. soir	721,88
8 à 8 h. matin	726,38	7 à 6 h. soir	722,81
12 à 11 h. matin	722,90	10 à 4 h. matin	714,48
16 à minuit	730,11	13 à 2 h. soir	720,84
21 à 6 h. soir	713,22	21 à 6 h. matin	711,14
24 à 9 h. matin	729,15	22 à 5 h. matin	709,66
30 à 9 h. matin	729,97	27 à 1 h. soir	723,08

GENÈVE. — OCTOBRE 1889.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim	millim	millim.	millim.	o	o	o	o					mm.				+ o	o	cm
1	719,21	— 7,65	717,16	721,48	+ 8,38	— 4,03	+ 4,0	+13,2	751	— 56	520	920	...	...	SSO. 1	0,95	13,4	—2,3	136,1
2	723,72	— 3,11	721,42	726,81	+ 8,69	— 3,55	+ 5,7	+14,6	789	— 20	610	970	1,3	1	SE. 1	0,98	13,5	—2,1	134,9
3	727,31	+ 0,52	726,81	728,10	+10,41	— 1,67	+ 6,0	+18,0	677	—133	400	900	...	...	S. 1	0,52	13,6	—1,8	136,5
4	725,51	— 1,25	724,17	726,68	+ 8,24	— 3,77	+ 2,7	+13,1	805	— 7	600	970	1,9	4	N. 1	0,88	13,7	—1,6	134,8
5	722,89	— 3,84	721,88	723,90	+11,24	— 0,50	+ 7,3	+14,9	870	+ 57	760	960	0,2	...	S. 1	1,00	13,8	—1,4	136,5
6	724,68	— 2,01	723,59	725,45	+12,40	+ 0,83	+ 8,0	+16,3	816	+ 2	630	960	...	...	N. 1	0,98	...	.....	137,0
7	723,59	— 3,06	722,81	724,37	+13,76	+ 2,36	+11,2	+19,7	754	— 61	510	870	1,5	2	SSO. 1	1,00	13,2	—1,8	136,0
8	724,10	— 2,53	720,18	726,38	+12,67	+ 1,44	+ 9,7	+16,9	604	—213	380	770	...	...	SSO. 1	1,00	13,6	—1,2	133,0
9	718,35	— 8,25	715,86	720,53	+10,94	— 0,11	+ 9,2	+14,7	895	+ 77	640	970	62,0	19	NO. 1	1,00	14,0	—0,7	134,6
10	717,93	— 8,64	714,48	719,76	+ 7,78	— 3,10	+ 4,9	+10,6	898	+ 79	710	970	43,1	13	S. 1	0,85	12,5	—2,1	143,0
11	719,53	— 7,01	717,95	720,75	+ 6,92	— 3,79	+ 4,3	+10,7	927	+107	810	970	32,7	13	S. 1	1,00	12,4	—2,1	150,0
12	722,12	— 4,39	720,72	722,90	+ 7,51	— 3,02	+ 3,6	+14,9	835	+ 14	530	1000	6,5	4	variable	0,55	12,6	—1,7	156,0
13	721,85	— 4,63	720,84	722,68	+ 7,55	— 2,51	+ 4,7	+10,7	900	+ 78	840	980	5,0	9	SE. 1	1,00	...	.....	156,0
14	725,39	— 1,06	722,60	727,80	+ 6,99	— 3,19	+ 4,0	+11,0	849	+ 26	670	950	4,1	8	variable	0,75	11,0	—3,1	157,0
15	728,97	+ 2,45	727,85	730,08	+ 6,46	— 3,54	+ 3,1	+10,0	819	— 4	630	970	...	...	N. 1	0,50	12,0	—1,9	156,0
16	728,31	+ 1,91	726,54	730,11	+ 6,49	— 3,34	+ 3,5	+ 9,3	843	+ 19	700	960	2,4	2	variable	0,58	12,0	—1,8	157,5
17	726,32	— 0,05	725,70	726,82	+ 8,43	— 1,22	+ 4,3	+12,2	866	+ 41	680	970	8,5	11	S. 1	0,68	12,1	—1,6	158,0
18	721,17	— 5,18	717,16	725,41	+ 6,66	— 2,81	+ 2,0	+11,2	820	— 6	550	1000	...	...	variable	0,88	12,0	—1,6	158,0
19	718,19	— 8,14	716,19	719,23	+ 9,24	— 0,05	+ 4,6	+15,1	782	— 45	460	1000	7,0	5	S. 1	0,33	12,0	—1,3	158,0
20	716,20	—10,11	712,81	718,21	+ 6,51	— 2,60	+ 2,7	+10,2	924	+ 97	840	970	8,4	9	S. 1	1,00	...	.....	157,0
21	712,48	—13,81	711,14	713,22	+ 7,94	— 0,99	+ 6,0	+ 9,3	961	+133	940	980	24,5	20	variable	1,00	12,0	—1,2	157,5
22	714,61	—11,66	709,66	720,75	+ 8,91	+ 0,16	+ 5,8	+11,0	901	+ 72	760	980	24,6	11	O. 1	0,78	11,7	—1,3	155,5
23	724,42	— 1,83	721,01	727,25	+11,44	+ 2,87	+ 6,7	+15,1	640	—189	480	860	...	...	SSO. 1	0,85	11,8	—1,2	156,4
24	728,33	+ 2,09	727,40	729,15	+11,09	+ 2,70	+ 7,9	+14,0	731	— 99	580	870	1,2	1	variable	0,67	12,0	—0,7	154,5
25	728,20	+ 1,98	727,60	728,97	+ 9,67	+ 1,46	+ 8,3	+11,2	905	+ 75	830	970	11,7	10	N. 1	1,00	11,8	—0,8	160,5
26	725,99	— 0,22	723,40	728,04	+ 9,41	+ 1,37	+ 8,3	+10,8	865	+ 34	800	970	2,4	4	NE. 1	1,00	12,0	—0,5	160,0
27	723,47	— 2,73	723,08	724,47	+ 9,36	+ 1,50	+ 8,3	+10,5	921	+ 90	850	970	16,1	12	NE. 1	1,00	...	.....	160,0
28	725,38	— 0,80	723,61	727,21	+10,86	+ 3,18	+ 9,0	+15,4	933	+101	800	1000	2,6	3	variable	1,00	11,9	—0,3	161,5
29	727,86	+ 1,69	727,02	728,90	+ 9,54	+ 2,04	+ 7,5	+11,8	956	+134	920	980	12,2	20	SSO. 1	1,00	12,0	—0,1	162,5
30	728,36	+ 2,19	726,33	729,97	+10,57	+ 3,25	+ 8,8	+14,0	912	+ 79	790	970	2,0	4	SO. 1	0,93	12,0	+0,1	162,7
31	727,07	+ 0,91	725,67	728,07	+ 9,91	+ 2,77	+ 7,0	+12,8	903	+ 70	710	970	5,5	6	S. 1	0,93	12,0	+0,2	162,5
Mois	723,27	— 3,23			+ 9,22	— 0,66			840	+ 9						0,86	12,47	—1,51	150,95

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	722,43	722,17	722,84	723,27	722,72	722,57	722,87	722.96
2e »	722,92	722,58	723,07	723,34	722,71	722,49	722,73	722.60
3e »	723,27	723,15	723,81	724,58	724,53	724,47	724,81	724,95
Mois	722,89	722,65	723,26	723,76	723,36	723,22	723,51	723,55
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 9,33	+ 8,10	+ 8,12	+11,51	+13,82	+12,65	+10,50	+ 9,58
2e »	+ 5,24	+ 5,27	+ 6.04	+ 8,87	+10,10	+ 9,79	+ 7.50	+ 5,39
3e »	+ 9,07	+ 8,97	+ 9,05	+10,26	+11,45	+10,94	+ 9,99	+ 9,32
Mois	+ 7,92	+ 7,50	+ 7,76	+10,21	+11,78	+11,12	+ 9,35	+ 8,14
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	836	912	897	738	611	672	804	817
2e »	931	967	930	817	718	719	850	920
3e »	909	922	903	875	808	819	870	897
Mois	893	933	910	812	719	739	842	879

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	+ 6,87	+ 15,20	+ 13,48	0,92	110,0	136,24
2e »	+ 3,68	+ 11,53	+ 12,01	0,73	74,6	156,35
3e »	+ 7,60	+ 12,35	+ 11,92	0,92	102,8	159,42
Mois	+ 6,10	+ 13,01	+ 12,47	0,86	287,4	150,95

Dans ce mois l'air a été calme 13,44 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,61 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 24°,0, O. et son intensité est égale à 11,09 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1889.

Le 1er, brouillard tout le jour.
2, brouillard tout le jour.
4, brouillard; fort vent du SO. tout le jour; le petit lac a commencè à se congeler.
5, brouillard le matin; neige dans le milieu du jour.
9, brouillard le matin; neige depuis 1 h. du soir jusqu'au milieu du jour suivant; très fort vent du SO. tout le jour.
10, très fort vent du SO. tout le jour.
11, très fort vent du SO.; neige l'après-midi et le soir.
12, neige dans l'après-midi.
13, neige dans l'après-midi.
14, brouillard et fort vent du NE. tout le jour.
17, neige du matin au soir, en quantité insignifiante.
19, faible neige le matin.
20, brouillard tout le jour.
21, neige le matin et l'après-midi.
22, brouillard tout le jour.
26, neige le matin; brouillard le soir.
27, neige le matin; brouillard le soir; fort vent du SO.
28, brouillard tout le jour.
29, brouillard tout le jour.
30, brouillard tout le jour.
31, neige le matin; brouillard le soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM

	mm
Le 4 à 10 h. matin	565,16
8 à 9 h. matin	563,98
16 à 1 h. matin	566,20
24 à 11 h. matin	566,97
30 à 11 h. matin	568,66

MINIMUM.

	mm
Le 1er à 4 h. matin	554,40
7 à 8 h. matin	561,80
10 à 6 h matin	555,92
21 à 3 h. matin	553,89
27 à 7 h. soir	563,19

SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1889.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	556,12	— 9,74	554,40	557,78	— 5,60	— 7,11	— 7,0	— 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,95
2	559,04	— 6,73	557,28	561,80	— 6,10	— 7,46	— 7,5	— 4,2	.....	.....	....	NE. 1	1,00
3	563,50	— 2,18	561,85	565,00	— 3,95	— 5,16	— 6,9	— 0,1	.....	.....	....	NE. 1	0,17
4	564,76	— 0,83	564,02	565,16	— 4,10	— 5,16	— 4,6	— 2,2	.....	.....	....	SO. 2	1,00
5	563,12	— 2,38	562,38	564,32	— 1,89	— 2,80	— 2,8	— 0,4	90	15,2	....	SO. 2	0,87
6	563,56	— 1,85	562,67	564,25	+ 0,43	— 0,33	— 1,6	+ 3,5	.....	.....	....	SO. 1	0,52
7	562,48	— 2,84	561,80	563,12	— 0,22	— 0,83	— 1,2	+ 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0,63
8	563,18	— 2,06	562,72	563,98	+ 1,40	+ 0,93	— 0,5	+ 5,2	.....	.....	....	SO. 2	0,53
9	560,24	— 4,91	558,38	562,55	+ 0,03	— 0,29	+ 0,2	+ 1,4	.....	.....	....	SO. 3	1,00
10	557,31	— 7,75	555,92	558,65	+ 0,50	+ 0,33	— 3,0	+ 2,0	.....	92,0	....	SO. 3	0,87
11	558,33	— 6,64	556,61	559,50	— 1,69	— 1,71	— 7,1	+ 1,0	230	62,0	....	SO. 3	0,87
12	559,03	— 5,85	556,30	560,21	— 4,40	— 4,26	— 7,2	— 0,2	40	3,4	....	variable	0,58
13	558,01	— 6,78	557,08	560,00	— 4,92	— 4,62	— 7,3	— 1,0	140	18,5	....	NE. 1	0,92
14	560,05	— 4,65	557,60	562,60	— 6,17	— 5,72	— 9,4	— 4,0	.....	.....	....	NE. 2	1,00
15	564,40	— 0,21	562,75	566,17	— 3,29	— 2,69	— 7,2	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
16	565,43	+ 0,91	564,70	566,20	— 0,02	+ 0,73	— 5,1	+ 4,0	.....	.....	....	variable	0,05
17	562,95	— 1,49	562,00	564,12	— 1,77	— 0,86	— 4,2	+ 2,2	.....	.....	....	NE. 1	0,98
18	558,58	— 5,78	557,04	561,71	— 3,99	— 2,92	— 8,4	+ 0,8	.....	.....	....	variable	0,38
19	557,27	— 7,01	556,28	558,24	— 3,14	— 1,92	— 7,2	+ 0,2	.....	.....	....	SO. 1	0,70
20	556,29	— 7,91	554,88	558,00	— 4,22	— 2,85	— 6,0	— 2,0	250	37,0	....	SO. 1	1,00
21	555,01	— 9,11	553,89	556,42	— 2,14	— 0,62	— 5,4	+ 0,4	150	23,6	....	SO. 1	0,97
22	555,73	— 8,31	553,95	559,20	— 2,00	— 0,33	— 4,3	+ 2,8	.....	.....	....	variable	0,85
23	562,55	— 1,41	559,32	565,43	— 3,32	— 1,49	— 6,5	+ 0,4	.....	.....	....	variable	0,18
24	566,56	+ 2,68	565,78	566,97	— 1,85	+ 0,13	— 5,4	+ 1,6	230	30,4	....	SO. 1	0,45
25	565,83	+ 2,03	565,07	566,53	— 0,17	+ 1,96	— 4,2	+ 3,4	.....	.....	....	variable	0,57
26	566,18	+ 2,46	565,82	566,67	— 0,57	+ 1,71	— 2,3	+ 2,0	170	35,0	....	SO. 1	0,97
27	564,29	+ 0,64	563,19	565,60	— 0,12	+ 2,31	— 1,2	+ 2,0	.....	.....	....	SO. 2	1,00
28	564,96	+ 1,38	563,30	566,59	+ 0,78	+ 3,36	— 0,8	+ 4,0	.....	.....	....	SO. 1	0,97
29	566,26	+ 2,75	565,93	566,81	+ 0,18	+ 2,91	— 1,0	+ 5,0	.....	.....	....	SO. 1	1,00
30	567,43	+ 3,99	566,25	568,66	— 0,24	+ 2,64	— 0,7	+ 4,3	.....	.....	....	SO. 1	1,00
31	564,54	+ 1,17	564,11	566,01	— 2,44	+ 0,58	— 6,5	+ 2,0	.....	.....	....	NE. 1	0,85
Mois.	561,71	— 2,89			— 2,10	— 1,62							0,74

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1889.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	561,35	560,87	561,01	561,32	561,29	561,40	561,61	561,79
2e » ...	560,12	559,79	559,93	560,30	560,06	559,99	560,08	560,00
3e » ...	563,34	563,02	563,07	563,65	563,55	563,71	564,00	564,26
Mois	561,66	561,29	561,39	561,82	561,69	561,77	561,97	562,09

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 2,84	— 1,90	— 0,67	— 0,84	— 1,70	— 1,84
2e » ...	— 4,73	— 1,95	— 1,26	— 2,32	— 3,78	— 4,20
3e » ...	— 1,35	— 0,30	+ 0,36	— 0,81	— 1,12	— 1,35
Mois	— 2,92	— 1,35	— 0,49	— 1,31	— 2,16	— 2,43

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	— 3,49	+ 0,30	0,75	107,2	90
2e » ...	— 6,91	+ 0,18	0,65	120,9	660
3e » ...	— 3,48	+ 2,54	0,80	89,0	550
Mois	— 4,59	+ 1,05	0,74	317,1	1300

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,44 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 56,4 sur 100.

SUR LE JAUNE INDIEN

PAR

M. C. GRÆBE

(Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 21 novembre 1889.

La matière colorante jaune qui porte le nom de Jaune Indien ou piuri (purrée) a attiré depuis que ce corps est connu en Europe l'intérêt des chimistes et des physiologistes. Les idées sur son origine ont été très divisées; les uns prétendaient que le jaune indien serait d'origine animale, dépôt formé dans l'urine de chameau, d'éléphant ou de buffle ou une concrétion intestinale; d'autres le regardaient comme d'origine végétale. En commençant mes travaux sur cette matière colorante, j'ai cherché à avoir des renseignements certains sur sa provenance. Je me suis adressé à un de mes collègues, à M. le Dr Hugo Müller à Londres, qui a eu la bonté de faire des démarches auprès de la direction du Royal Botanical Garden à Kew. Un Indien, T.-N. Mukharji, a été chargé de prendre les renseignements nécessaires dont le résultat a été publié par le India Office dans le journal *of the Society of Arts*, T. 32, p. 16 (1883). Il paraît que ce rapport, malgré son grand intérêt, a été peu remarqué, car dans

les ouvrages de chimie ou de physiologie publiés récemment on indique encore qu'on ne connaît pas l'origine du jaune indien. Je pense donc qu'il est utile de rendre plus connu le rapport de Mukharji en le traduisant textuellement et en le communiquant à cet endroit.

Rapport de Mukharji.

Le piuri est une matière colorante jaune qui est utilisée pour peindre les parois, les portes et les claies. Pour la teinture des habits on s'en sert rarement à cause de sa mauvaise odeur. A Calcutta on m'a assuré que le piuri est fabriqué à Monghyr (ville en Bengale), avec l'urine de vaches nourries avec des feuilles de mango. Pour me rendre compte de l'exactitude, j'ai fait le voyage à Monghyr et j'ai appris que des paysans qui demeurent à un endroit qui s'appelle Mirzapur sont les seules personnes qui fabriquent cette substance. Ils nourrissent les vaches exclusivement avec des feuilles de mango et de l'eau, d'où il en résulte que les matières colorantes de la bile augmentent et que l'urine prend une belle coloration jaune. On prétend que les vaches nourries de cette manière meurent après deux ans, mais les gens qui préparent le piuri m'ont assuré que cela est faux et j'ai moi-même vu des vaches âgées de six ou sept ans qui ont fourni du piuri pendant les derniers quatre ans. Ces vaches avaient cependant l'air très malade et les paysans m'ont dit qu'il faut leur donner de temps en temps de l'herbe ou d'autre nourriture à côté des feuilles de mango; mais cette nourriture mixte fait diminuer la quantité de matière colorante dans l'urine. A cause de l'effet nuisible sur les vaches, la préparation du piuri n'est confiée qu'à peu de

personnes qui, pour cette raison, sont méprisées par les autres membres de la tribu. On m'a dit que dans aucune autre partie du pays le piuri n'est fabriqué.

Les paysans font uriner trois ou quatre fois par jour les vaches nourries par les feuilles de mango en frottant légèrement avec la main leurs organes urinaires et ces animaux sont tellement habitués à ce procédé qu'ils sont incapables d'uriner sans cela. On laisse couler l'urine dans des pots étroits en terre et on la verse le soir dans un pot qui est chauffé directement. La chaleur produit la précipitation de la matière jaune qui est pressée à travers un morceau d'étoffe. On forme du sédiment des boules qu'on sèche d'abord à l'aide d'un feu de charbon de bois et ensuite au soleil. Dans cette forme le piuri est vendu à des commerçants qui dans ce but avancent de l'argent aux paysans. Ils paient la livre anglaise 1 roupie (fr. 2,25) et l'envoient à Calcutta et Patna. Le prix élevé du piuri provient du dépérissement des vaches et des dépenses de feuilles de mango, dont la quantité produite par un arbre d'une hauteur moyenne (30 pieds) coûte fr. 4,50. Une vache fournit environ trois quarts (3,4 litres) d'urine et 2 ozs (56 gr.) de piuri. On prétend que la production annuelle de la matière colorante s'élève à 5000 jusqu'à 7500 kilog.; mais il me paraît que cette estimation est trop élevée en prenant en considération le petit nombre de vaches employées pour cette fabrication.

J'ai vu personnellement les feuilles de mango données aux vaches, les quantités d'urine et la préparation du piuri. L'origine du piuri est donc connue d'une manière certaine.

Le 27 août 1883.

J.-N. Mukharji.

Le piuri est formé de boules d'un poids de 80 à 120 gr. dont l'intérieur a une belle couleur jaune pendant que la couche extérieure est brune ou verdâtre. L'odeur est très caractéristique et rappelle celle du castoréum. L'analyse de la partie intérieure m'a donné les chiffres suivants :

Acide euxanthinique	51,0
Magnésium	4,2
Calcium	3,4
Silice et alumine	1,5
Eau et substances volatiles	39,0
	99,1 %

Pour préparer les différentes qualités de jaune indien purifié qui servent principalement dans la peinture à l'aquarelle, on soumet la matière brute à une série de lavages. Les meilleures marques du jaune indien sont les plus riches en acide euxanthinique et en magnésium et ne renferment que peu de calcium. Dans la qualité la plus ordinaire et la moins chère il se trouve à côté de l'acide mentionné un de ses produits de décomposition, de l'euxanthone en grande quantité. Ce corps doit son origine aux parties brunes ou vertes qui ont subi une décomposition. La maison Lefranc et C° à Paris prépare sept qualités différentes de jaune indien qui ont les marques A jusqu'à G. La qualité A est la meilleure et coûte fr. 300 le kilog., la marque C fr. 200, D fr. 160 et G fr. 50 jusqu'à 60. Les analyses suivantes confirment ce que j'ai dit plus haut.

Jaune indien.

	A	B	C	D	G	
Acide euxanthinique.	72,3	70,9	64,3	59,3	33-34	p. %
Euxanthone	0	1,12	2,80	7,4	33	
Magnésium........	5,35	4,88	4,85	4,60	3,70	
Calcium	1,75	2,43	2,61	3,33	3,70	

L'acide euxanthinique se trouve toujours à l'état de sel et la composition de la qualité A se rapproche de celle de l'euxanthonate de magnésium,

$$C_{19}H_{16}O_{11}Mg + 5H_2O.$$

A cette formule correspond la composition suivante :

Acide euxanthinique............	78,16
Magnésium....................	4,57
Eau..........................	16,67

Le jaune indien purifié renferme donc un peu moins d'acide organique et plus de substance inorganique que le sel pur.

L'euxanthone est dans les qualités inférieures en partie à l'état libre, en partie à l'état de sel de magnésium ou de calcium. Dans la qualité G par exemple il se trouve 20 p. c. à l'état libre et 13 à l'état de sel.

Les premières recherches scientifiques sur le jaune indien ont été publiées en 1844 par Stenhouse et par Erdmann. Depuis ce temps-là beaucoup de chimistes se sont occupés de cette substance. Ces travaux ont prouvé qu'il faut attribuer à l'acide euxanthinique la formule, $C_{19}H_{18}O_{11}$. L'acide libre a une couleur jaune pâle, mais les sels sont tous colorés en jaune foncé et c'est le sel de magnésium qui se distingue par la plus belle coloration. En chauffant l'acide euxanthinique avec des acides étendus ou avec de l'eau on arrive à le dédoubler en deux substances dont l'une est incolore, l'autre colorée. La première offre principalement un intérêt physiologique; c'est un acide qui se forme dans l'organisme de l'homme et des animaux. On lui a donné le nom d'acide

glycuronique. Il forme un élément d'une série de substances qui apparaissent dans l'urine de l'homme et du chien à la suite d'ingestion de différentes combinaisons organiques comme le camphre ou le chloral. Ce sont tous, comme l'acide euxanthinique, des corps conjugués qui se dédoublent facilement en mettant l'acide glycuronique en liberté, comme l'équation suivante le démontre,

$$\underset{\text{acide euxanthinique}}{C_{19}H_{18}O_{11}} = \underset{\text{acide glycuronique}}{C_6H_{10}O_7} + \underset{\text{euxanthone.}}{C_{13}H_8O_4}$$

L'acide glycuronique peut être regardé comme un dérivé des corps sucrés, comme un produit d'oxydation intermédiaire entre la glycose et l'acide saccharique. On n'a pas encore obtenu jusqu'à présent cet acide artificiellement.

Le produit coloré provenant du dédoublement mentionné est l'euxanthone qui appartient à la série aromatique. En donnant cet euxanthone à un chien, comme M. Kostanecki l'a fait le premier, ou à un lapin suivant les expériences de M. Külz, on le retrouve dans l'urine sous la forme d'acide euxanthinique; il se combine dans l'organisme de ces animaux avec l'acide glycuronique. On peut donc admettre que les feuilles de mango renferment de l'euxanthone ou un corps capable de se transformer dans les organes des vaches en euxanthone qui, en se combinant avec l'acide glycuronique produit la matière colorante. Le magnésium qui forme une partie essentielle du jaune indien provient de la nourriture organique ou de l'eau, dans le cas que dans la préparation les paysans n'ajoutent pas un sel de magnésie. Cela ne me paraît pas probable, car le rapport de Mukharji ne mentionne rien à ce point de vue.

Dans l'étude scientifique du jaune indien l'euxanthone avait au commencement principalement attiré l'attention des chimistes. C'est une belle substance jaune qui sublime et cristallise en longues aiguilles. Après Erdmann et Stenhouse, ce furent MM. Bæyer, Wichelhaus, et Salzmann et moi en collaboration avec MM. Ebrard et Feer qui ont étudié ce corps. Plusieurs essais ont été faits pour le préparer artificiellement, mais on n'avait obtenu que des combinaisons isomères qui possèdent donc la même composition et qui ressemblent beaucoup à l'euxanthone mais sans être parfaitement identique avec ce dernier. En reprenant mes travaux sur l'euxanthone, j'ai d'abord tâché d'obtenir par de nouvelles recherches analytiques une connaissance plus complète de sa constitution chimique.

M. Bæyer avait déjà montré qu'on obtient de l'hydroquinone en fondant l'euxanthone avec de la potasse. En reprenant cette expérience j'ai trouvé qu'il se forme en même temps de la résorcine. Ce résultat m'a indiqué le chemin qu'il fallait suivre pour arriver à la synthèse. Il ne suffit pas de choisir comme point de départ la résorcine ou l'hydroquinone; il faut les employer tous les deux.

Ces corps sont faciles à se procurer depuis qu'ils sont préparés industriellement, l'hydroquinone pour être employée en photographie et la résorcine pour être transformée en une des plus belles matières colorantes rouges, en éosine. Ils sont obtenus en partant de la benzine, de sorte que la synthèse de l'euxanthone se base sur l'emploi de cet hydrocarbure retiré du goudron. Dans cette benzine, C_6H_6, on introduit deux hydroxyles (OH), à la place de deux atomes d'hydrogène et on obtient sui-

vant la position des hydrogènes remplacés une des trois benzines dihydroxylées $C_6H_4(OH)_2$, qui sont possibles suivant la théorie de Kekulé. Aux deux corps en question correspondent les formules :

```
       OH                  H
       C                   C
     //  \               //  \
   HC     CH           HC     COH
   |      ||           |      ||
   HC     CH           HC     CH
     \\  /               \\  /
       C                   C
       OH                  OH
```

hydroquinone. résorcine.

Il faut d'abord transformer les deux benzines dihydroxylées en acides carboniques, c'est-à-dire en acide hydroquinonecarbonique et en acide résorcinecarbonique qui ont tous les deux la formule, $C_6H_3(OH)_2.CO_2H$ qui doivent être développées de la manière suivante :

```
        H                      H
        C                      C
      //  \                  //  \
    HC     COH           OHC      COH
    |      ||             |       ||
   OHC     CCO2H        CO2HC     CH
      \\  /                  \\  /
        C                      C
        H                      H
```

acide hydroquinonecarboniqüe. acide résorcinecarbonique (β résorcylique).

En chauffant un mélange de ces acides avec de l'anhydride acétique et en distillant le produit formé on obtient l'euxanthone artificiel qui est tout à fait identique avec celui retiré du jaune indien. Dans cette réaction les

deux acides se combinent en perdant deux molécules d'eau et une molécule d'anhydride carbonique. Il en résulte pour l'euxanthone la formule chématique :

```
           H                H
           C                C
         //  \            //  \
      HC       C — O — C        COH
      |        ||      |        ||
     HOC       C —CO— C         CH
        \\   /          \\   /
           C                C
           H                H
```

ou la formule moins développée :

```
                O
              /   \
    HO.C6H3         C6H3.OH
              \   /
               CO
```

Il est intéressant de se poser la question pourquoi l'euxanthone est colorée pendant que les substances utilisées pour la synthèse, l'hydroquinone, la résorcine et les acides qui en dérivent sont incolores. D'une manière générale on a trouvé que les combinaisons organiques qui sont colorées renferment un arrangement d'atomes spécial et qu'ils doivent cette propriété à ce qu'on appelle le chromophore. Les combinaisons incolores ne renferment pas un des groupements qui, suivant les recherches chimiques, se rencontrent toujours dans les corps colorés.

L'euxanthone peut, jusqu'à un certain point, être comparé à l'alizarine. Ces deux substances colorées ont des propriétés basiques et ce sont leurs sels qui se distinguent par une belle coloration. Tous les deux doivent être

regardés comme dérivés hydroxylés de substances neutres. L'alizarine se rapporte à l'anthraquinone et l'euxanthone à un corps généralement appelé oxyde de diphénylènekétone, mais pour lequel je propose le nom plus court de xanthone. Comme les formules suivantes le montrent

$$\begin{array}{ccccc} & & CO & & \\ & / & & \backslash & \\ C_6H_4 & & & & C_6H_4 \\ & \backslash & & / & \\ & & CO & & \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{ccccc} & & O & & \\ & / & & \backslash & \\ C_6H_4 & & & & C_6H_4 \\ & \backslash & & / & \\ & & CO & & \end{array}$$

anthraquinone. xanthone.

la constitution chimique de l'anthraquinone et de la xanthone se ressemblent beaucoup; dans le dernier un atome d'oxygène occupe la même place que l'un des groupes, CO, dans le premier. L'euxanthone renferme deux atomes d'oxygène de plus que le xanthone, c'est un dioxyxanthone, comme l'alizarine est une dioxyanthraquinone.

Dans l'alizarine la coloration provient des deux groupes, CO; l'anthraquinone dont il dérive est une dikétone. L'euxanthone est colorée à cause du carbonyle, CO et de l'oxygène combiné tous les deux avec deux benzines.

Les chromophores de ces deux substances colorées ont donc beaucoup de ressemblance.

$$\begin{array}{c} —CO— \\ —CO— \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{c} —O— \\ —CO— \end{array}$$

chromophore de l'alizarine. chromophore de l'euxanthone.

Pour l'acide euxanthinique la formule entièrement développée, c'est-à-dire celle qui indique le rôle chimique de chaque atome, n'est pas connue d'une manière si sûre que pour l'euxanthone, parce que la constitution de l'autre constituant, c'est-à-dire de l'acide glycuronique,

n'est pas encore tout à fait déterminée. Néanmoins on peut admettre comme probable la constitution :

$$
\begin{array}{c}
\underline{\mathbf{O}}-C_6H_3 \quad \overset{O}{\diagup\ \diagdown} \quad C_6H_3.OH \\
\diagdown\ \underset{CO}{} \diagup \\
CH.OH-CH.OH-CH.OH-CH.OH-CH.OH-CO_2H
\end{array}
$$

l'acide euxanthinique.

L'atome d'oxygène qui est souligné est celui qui réunit dans l'acide euxanthinique les deux constituants et c'est à cet endroit où le dédoublement en euxanthone et en acide glycuronique a lieu.

Dans le sel de magnésium qui forme principalement le jaune indien, les deux atomes d'hydrogène qui se trouvent aux deux bouts opposés de cette formule sont remplacés par le métal. C'est donc l'hydrogène de l'hydroxyle de l'euxanthone et l'hydrogène du carboxyle de l'acide glycuronique.

SUR LES PROPRIÉTÉS DE QUELQUES ANILIDES

PAR

M. Amé PICTET.

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève dans sa séance du 5 décembre 1889.

On désigne sous le nom d'*anilides* les corps qui dérivent de l'aniline par substitution d'un radical acide à l'un des atomes d'hydrogène amidiques. Les deux premiers termes de cette série, et les mieux connus, sont la *formanilide*, C_6H_5—NH—COH, et l'*acétanilide*, C_6H_5—NH—CO—CH_3. Ces corps ont perdu, par le fait de la substitution, toute propriété basique; ils présentent au contraire les caractères d'acides faibles, en ce sens que le dernier atome d'hydrogène amidique qu'ils renferment peut être facilement remplacé par un atome de sodium ou de potassium. Les sels qui prennent ainsi naissance peuvent à leur tour échanger leur atome métallique contre un radical alcoolique, en fournissant une anilide alkylée.

C'est sur ces deux réactions qu'est basé le procédé de Hepp, qui est utilisé dans les laboratoires pour préparer les anilines monoalkylées. L'opération consiste à dissoudre l'anilide dans le toluol ou le xylol, puis à introduire dans cette solution la quantité voulue de sodium. La formation du sel sodique de l'anilide s'effectue avec dégage-

ment d'hydrogène. On ajoute ensuite le poids calculé d'un chlorure, bromure ou iodure alcoolique, et l'on chauffe; une double décomposition se produit, et la solution, filtrée et évaporée, laisse comme résidu l'anilide alkylée qu'une facile saponification transforme en monoalkylaniline.

J'ai pensé que le procédé de Hepp pourrait être susceptible d'une modification qui éviterait l'emploi toujours incommode du sodium métallique, et qu'il serait possible d'arriver au même résultat en traitant l'anilide, dissoute dans l'alcool, par un bromure ou iodure alcoolique en présence d'un alcali caustique, ainsi que cela se pratique pour l'éthérification des phénols.

L'expérience m'a montré que dans ces conditions l'acétanilide n'est qu'en partie transformée, vu le peu de stabilité de son sel sodique, mais qu'au contraire la formanilide est rapidement et complètement convertie en dérivés alkylés.

Cette réaction m'a permis de préparer, en collaboration avec M. P. Crépieux, toute la série des alkylformanilides, dont un seul membre était connu jusqu'alors. Je prends, comme exemple du mode opératoire que nous avons suivi, la préparation de la méthylformanilide.

Pour obtenir la méthylformanilide, on dissout dans l'alcool 50 gr. de formanilide; à cette solution froide on ajoute 27 gr. de potasse, également en solution alcoolique, puis 70 gr. d'iodure de méthyle, et l'on chauffe le tout au bain-marie dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant. Au bout de quelques minutes il se produit une vive réaction; la liqueur se trouble et laisse déposer de volumineux cristaux d'iodure de potassium. Lorsque ce dépôt n'augmente plus, la réaction peut être considé-

rée comme terminée; on filtre et chasse l'alcool au bain-marie. Le résidu constitue la méthylformanilide que l'on obtient parfaitement pure par une simple distillation.

L'équation qui représente la réaction est la suivante :

$$C_6H_5—NH—COH + CH_3J + KOH =$$

$$C_6H_5—N\begin{cases} COH \\ CH_3 \end{cases} + KJ + H_2O.$$

En remplaçant dans l'opération ci-dessus l'iodure de méthyle par les iodures ou bromures des autres radicaux alcooliques, on obtient toute la série des homologues de la formanilide.

Ces corps sont très facilement saponifiés par les acides en donnant naissance aux alkylanilines correspondantes, et celles-ci, traitées par l'anhydride acétique, fournissent les alkylacétanilides.

On peut du reste, comme je l'ai observé, passer directement de la série de la formanilide à celle de l'acétanilide, en chauffant les alkylformanilides avec de l'anhydride acétique. Il se produit alors une réaction exprimée par l'équation suivante, dans laquelle la lettre R représente un radical alcoolique quelconque :

$$C_6H_5—N\begin{cases} COH \\ R \end{cases} + \begin{matrix} CH_3—CO \\ CH_3—CO \end{matrix}\Big\rangle O =$$

$$C_6H_5—N\begin{cases} CO—CH_3 \\ R \end{cases} + CH_3COOH + CO.$$

Ces diverses opérations nous ont fourni, dans un état

de pureté parfaite, les représentants des 3 séries homologues :

Alkylanilines....... C_6H_5-NH-R

Alkylformanilides... $C_6H_5-N\langle{COH \atop R}$

Alkylacétanilides.... $C_6H_5-N\langle{CO-CH_3 \atop R}$,

dérivant de l'aniline, de la formanilide et de l'acétanilide par substitution des radicaux alcooliques à l'hydrogène amidique. Dans ces trois séries chaque terme diffère du précédent par la présence d'un groupe méthyle substitué à un atome d'hydrogène. La même relation existe entre les deux séries de la formanilide et de l'acétanilide. On pouvait donc espérer que l'étude de ces composés, en déterminant l'influence du groupe méthyle, présenterait quelque intérêt au sujet des relations qui existent entre les propriétés des corps et leur constitution chimique. Cette étude a été faite jusqu'à présent au point de vue des caractères physiques, cristallographiques et physiologiques de ces corps, et a fourni les résultats suivants :

1. Propriétés physiques.

Les recherches que nous avons faites, M. Crépieux et moi, ont porté principalement sur la détermination des densités, des points de fusion et des points d'ébullition des corps des trois séries. Bien que pour un certain nombre

d'entre eux ces propriétés aient été déjà constatées par d'autres observateurs, il nous a semblé utile de les déterminer de nouveau, car les données que l'on trouve à ce sujet dans la littérature chimique sont souvent contradictoires et paraissent avoir été prises sur des échantillons plus ou moins impurs.

Les densités ont été rapportées à l'eau à 4°. Pour la détermination des points d'ébullition nous nous sommes servis d'un thermomètre de Geissler, contrôlé au moyen des températures d'ébullition de la naphtaline, de l'anhydride phtalique et de la benzophénone; dans chaque expérience la colonne mercurielle plongeait entièrement dans la vapeur.

Les *alkylformanilides* sont des liquides huileux, incolores, inodores, fortement réfringents et doués d'une saveur brûlante; elles ne se solidifient pas dans un mélange de glace et de sel. Comme la formanilide, et en général comme tous les dérivés formylés des amines aromatiques, elles subissent par la distillation à la pression ordinaire une légère décomposition en oxyde de carbone et en alkylaniline. Cette décomposition est d'autant plus appréciable que le poids moléculaire de la substance est plus élevé; elle devient totale chez la benzylformanilide.

La densité des alkylformanilides diminue, et leur point d'ébullition s'élève, à mesure que leur poids moléculaire augmente. Voici les chiffres que nous avons observés :

	Points d'ébullition.		Densités à 16°.
Méthylformanilide.....	253° sous	716mm	1,097
Ethylformanilide......	258	728	1,063
Isopropylformanilide...	261-263	720	—
Propylformanilide.....	267	731	1,044
Isobutylformanilide....	274	731	—
Isoamylformanilide....	285-286	728	1,004

Les *alkylacétanilides* sont, au moins dans les premiers termes de la série, des corps solides, qui cristallisent fort bien, en particulier de leur solution dans le benzol ou la ligroïne. Leurs points de fusion et d'ébullition sont les suivants :

	Points de fusion.	Points d'ébullition.	
Méthylacétanilide......	101°	253° sous	712mm
Ethylacétanilide.......	54	258	731
Isopropylacétanilide ...	38	262	728
Propylacétanilide......	47-48	266	716
Isobutylacétanilide.....	liquide	272-273	712
Isoamylacétanilide.....	liquide	287	730

Il est à remarquer que les points d'ébullition des alkylacétanilides sont absolument identiques à ceux des alkylformanilides correspondantes. La substitution du groupe méthyle à l'hydrogène du radical formyle, qui élève le point de fusion du corps, n'a donc aucune influence sur son point d'ébullition. Celui-ci est élevé au contraire par l'introduction de ce même groupe dans le radical alcoolique. Ce fait curieux a du reste été déjà observé dans d'autres séries.

Les *monoalkylanilines*, obtenues en saponifiant les corps des deux séries précédentes, nous ont fourni les chiffres suivants :

	Points d'ébullition.		Densités à 18°.
Méthylaniline.........	191° sous	712mm	0,976
Ethylaniline..........	203,5	712	0,954
Isopropylaniline.......	207	731	—
Propylaniline.........	219.5	716	0,949
Isobutylaniline........	229-230	716	0,940
Isoamylaniline	252,5	730	0,928

Une seule des bases de cette série, l'isopropylaniline, n'était pas connue. C'est une huile incolore, d'une odeur agréable. Son chlorhydrate cristallise en petites aiguilles très solubles dans l'eau et dans l'alcool et fusibles à 170°. Le chloroplatinate se présente sous la forme de gros prismes orangés qui se dissolvent assez facilement dans l'eau et fondent à 196°. Le chloraurate n'a pu être obtenu qu'à l'état huileux; le picrate se dépose sous la forme de gouttelettes qui cristallisent dans un mélange réfrigérant; le dérivé nitrosé est liquide.

II. Propriétés cristallographiques.

L'étude des alkylacétanilides au point de vue de leurs propriétés cristallographiques devait présenter un certain intérêt, en établissant s'il existe ou non entre ces composés homologues des relations d'isomorphisme. M. le prof. Duparc et M. A. Le Royer ont bien voulu se charger de cette étude. Ils l'ont étendue à l'acétyldiphénylamine (phénylacétanilide), qui, bien que ne rentrant pas, à proprement parler, dans la même série, pouvait cependant être prise comme terme de comparaison. En revanche, la forme cristalline de l'isopropylacétanilide n'a pu être déterminée, vu le peu d'élévation de son point de fusion.

Les mesures de MM. Duparc et Le Royer ont été déjà publiées dans les *Archives*[1]. Je n'en reproduis ici que les résultats principaux, en les faisant précéder des données

[1] *Archives*, 1888, t.XX, p. 410, et 1889, t. XXI, p. 324.

relatives à l'acétanilide, dont la forme cristalline avait été précédemment établie par un autre observateur [1].

1. *Acétanilide*, $C_6H_5—NH—CO—CH_3$.

Système du prisme rhomboïdal droit

$$a : b : c = 0{,}8481 : 2 : 2{,}067.$$

Cristaux tabulaires.

2. *Méthylacétanilide*, $C_6H_5—N \begin{cases} CH_3 \\ CO—CH_3 \end{cases}$.

Système du prisme rhomboïdal droit.

$$a : b : c = 2{,}530 : 1 : 2{,}149.$$

Cristaux limpides, incolores, allongés suivant l'axe des *z*.

Formes observées et principaux angles :

(100) (110) (101)

(100) : (110) = 68°26'. (100) : (101) = 49°39'.
(110) : (101) = 76°7'.

3. *Ethylacétanilide*, $C_6H_5—N \begin{cases} C_2H_5 \\ CO—CH_3 \end{cases}$.

Système du prisme rhomboïdal droit.

$$a : b : c = 0{,}84059 : 1 : 1.$$

[1] Bucking, *Zeitschrift von Groth*, I, 304.

Gros cristaux mal formés, transparents, incolores, avec déplacement parallèle des faces souvent considérable.

Formes observées et principaux angles :

(110) (001) (011) (201)

$$(001):(011) = 45° \ (110):(1\bar{1}0) = 80°7' \ (201):(110) = 45°$$
$$(201):(011) = 74°16'.$$

4. *Propylacétanilide*, $C_6H_5—N\begin{cases} CH_2—CH_2—CH_3 \\ CO—CH_3. \end{cases}$

Système du prisme rhomboïdal oblique.

$$\beta = 101° \ 56°$$

$$a : b : c = 1{,}32641 : 1 : ?$$

Cristaux aplatis, translucides, incolores, donnant de très mauvaises images.

Formes observées et principaux angles :

(100) (001) (110)

$$(100)\,(110) = 52°23' \ (100)\,(001) = 78°4'$$
$$(110):(001) = 82°37'.$$

5. *Phénylacétanilide*, $C_6H_5—N\begin{cases} C_6H_5 \\ CO—CH_3. \end{cases}$

Système du prisme rhomboïdal droit.

$$a : b : c = 1{,}277 : 1 : 2{,}7917.$$

Cristaux très transparents, incolores.

Formes observées et principaux angles :

(110) (001) (010) (101)

(110) : (010) = 38°4′ (101) : (001) = 65°55′
(110) : (101) = 55°47′.

Si nous groupons les résultats obtenus, nous aurons :

Méthylacétanilide	Rhomboïdal droit	a : b : c =	2,530 : 1 : 2,149.
Ethylacétanilide	»	»	0,84059 : 1 : 1.
Phénylacétanilide	»	»	1,2770 : 1 : 2,7917.
Propylacétanilide	Rhomboïdal oblique	»	1,3264 : 1 ?

En changeant d'axes et de notation, les paramètres de la série des rhomboïdaux droits deviennent alors assez semblables, et sont :

Méthylacétanilide	Rhomboïdal droit	a : b : c =	2,530 : 1 : 1,0745.
Ethylacétanilide	»	»	2,5217 : 1 : 1.
Phénylacétanilide	»	»	2,7917 : 1 : 1,2770.

Les notations se transforment alors comme suit :

Méthylacétanilide.

(100) = (100) (110) = (110) (101) = (201).

Ethylacétanilide.

(001) = (001) (011) = (011) (110) = (310) (201) = (601).

Phénylacétanilide.

(110) = (011) (010) = (010) (101) = (101) (001) = (100).

Ces déterminations montrent que les différents membres de la série des alkylacétanilides ne sont pas isomorphes; la substitution du radical méthyle à l'hydrogène ne conserve donc pas la forme cristalline. On ne peut mé-

connaître cependant que les trois corps qui cristallisent dans le système du prisme rhomboïdal droit présentent une certaine tendance à l'isomorphisme.

III. Propriétés physiologiques.

L'action de l'acétanilide sur l'organisme humain a été étudiée en 1886 par MM. Cahn et Hepp, qui ont reconnu à cette substance des propriétés antithermiques et l'ont appelée pour ce motif antifébrine. Ce corps a été introduit depuis lors dans la thérapeutique et employé soit comme antithermique, soit surtout comme analgésique.

J'ai pensé qu'il serait intéressant de comparer les propriétés physiologiques des autres anilides avec celles de l'antifébrine, et que de cette comparaison pourrait résulter quelque donnée nouvelle sur les relations qui existent entre la constitution des corps et leur action sur l'organisme.

Parmi les différentes anilides que j'avais entre les mains, la méthylacétanilide me semblait tout particulièrement réclamer une étude de ce genre. En effet, bien que la constitution chimique des alcaloïdes végétaux soit loin d'être aujourd'hui entièremeut élucidée, on sait qu'un nombre fort restreint de ces corps possède le groupe NH que renferme l'acétanilide; la plupart d'entre eux, et ceux en particulier qui constituent les médicaments les plus précieux, comme la morphine, la cocaïne, l'atropine, la quinine, possèdent le groupe $N—CH_3$, dérivant du premier par substitution du radical méthyle à l'hydrogène. L'antipyrine, parmi les composés artificiels, est dans le

même cas. La méthylacétanilide, qui diffère de l'antifébrine par la présence dans sa molécule de ce même radical, devait donc, selon toute probabilité, posséder des propriétés physiologiques se rapprochant davantage de celles des alcaloïdes que je viens de citer. Elle devait en outre présenter, comme médicament, un certain avantage sur l'antifébrine, résultant de sa beaucoup plus grande solubilité.

Ces considérations m'engagèrent, il y a environ un an, à prier MM. les Drs J.-L. Prevost et Paul Binet de soumettre la méthylacétanilide à quelques expériences sur les animaux. Les résultats de ces recherches, qui furent étendues dans la suite à d'autres anilides, ont été publiés par M. P. Binet dans la *Revue médicale de la Suisse romande* (n^os^ d'avril et de mai 1889). C'est à cet intéressant travail que j'emprunte les détails suivants :

L'action de la méthylacétanilide sur la grenouille ne diffère pas sensiblement de celle de l'antifébrine. Il y a dans les deux cas inertie motrice due à un état de torpeur des centres nerveux et à une paralysie des nerfs périphériques.

Chez les mammifères les deux substances ont une action commune sur le sang; l'oxyhémoglobine passe à l'état de méthémoglobine, il y a production de cyanose et en même temps abaissement considérable de la température. Mais, en ce qui concerne leur action sur le système nerveux central, l'acétanilide et la méthylacétanilide se comportent, chez les mammifères, d'une manière absolument différente. Tandis que la première provoque, comme phénomène dominant, la faiblesse et la torpeur, on voit au contraire apparaître rapidement chez l'animal, après injection de méthylacétanilide, de l'agitation et des crises de convulsions cloniques épileptiformes.

Ce changement dans le mode d'action est donc le résultat de la substitution du radical méthyle à l'hydrogène amidique de l'acétanilide; cette substitution entraîne en outre une augmentation considérable de la toxicité.

Ce fait établi, il devenait intéressant de soumettre aux mêmes essais la formanilide qui renferme un groupe méthyle de moins que l'acétanilide. L'expérience montra que la formanilide est moins toxique pour les animaux que l'acétanilide, tout en ayant une action analogue sur le système nerveux; elle produit comme elle de la torpeur, mais ne provoque pas de convulsions.

Enfin quelques essais furent faits avec la méthylformanilide, qui renferme, ainsi que l'acétanilide, un groupe méthylique. Il en résulta que ces deux anilides peuvent être placées, au point de vue de leur toxicité, à côté l'une de l'autre. Il est à remarquer que la méthylformanilide ne possède pas l'action convulsivante qui caractérise la méthylacétanilide.

L'ordre dans lequel on doit ranger les quatre anilides étudiées, en allant de la moins toxique à la plus toxique, est donc le suivant :

Formanilide......	$C_6H_5—NH—COH$	0	groupe CH_3.
Méthylformanilide.	$C_6H_5—N\begin{matrix} \diagup CH_3 \\ \diagdown COH \end{matrix}$	1	»
Acétanilide.......	$C_6H_5—NH—CO—CH_3$	1	»
Méthylacétanilide..	$C_6H_5—N\begin{matrix} \diagup CH_3 \\ \diagdown CO—CH_3 \end{matrix}$	2	»

Il semble donc ressortir des expériences de M. le D[r] Bi-

net que chez les anilides, en ce qui concerne leur action sur les animaux, la toxicité augmente avec le nombre de groupes méthyle contenus dans la molécule.

Il restait à étudier l'action de ces mêmes substances sur l'organisme humain, et je priai M. le prof. L. Revilliod de vouloir bien faire à ce sujet quelques essais dans sa clinique de l'Hôpital cantonal. M. Revilliod se prêta avec la plus grande obligeance à mon désir; mais, au moment où il allait entreprendre cette étude, parut dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (séance du 18 mars 1889) une communication de MM. les Drs Dujardin-Beaumetz et Bardet sur les propriétés analgésiques de la méthylacétanilide. Ce corps leur avait été fourni, pour être examiné au point de vue de ses propriétés physiologiques, par MM. Brigonnet et Naville que j'avais, en leur qualité de fabricants de produits dérivant de l'aniline, informés des premiers résultats obtenus par M. Binet.

D'après MM. Dujardin-Beaumetz et Bardet, la méthylacétanilide jouit d'une action analgésique prononcée sur l'organisme humain; sa toxicité est faible et elle ne produit que peu ou point de cyanose. MM. Brigonnet et Naville ont cherché à introduire ce corps dans la thérapeutique, et l'ont baptisé du nom d'exalgine.

Bien que les propriétés calmantes de ce nouveau médicament demandent à être confirmées par l'usage, il semble cependant acquis que la méthylacétanilide n'exerce pas sur l'organisme humain une action aussi toxique que sur celui des animaux.

Quoi qu'il en soit, une nouvelle étude clinique de la méthylacétanilide devenant désormais inutile, M. le prof. Revilliod dut restreindre les essais projetés à une étude de la formanilide. Celle-ci n'est pas encore terminée; il res-

sort cependant des premiers résultats obtenus que, contrairement à ce qui avait été observé sur les animaux, la formanilide semblerait être plus toxique pour l'homme que l'acétanilide et la méthylacétanilide ; elle provoque des phénomènes de cyanose très marqués, et ses propriétés antithermiques et analgésiques paraissent peu prononcées.

Il faut laisser à de nouvelles expériences le soin de décider si cette divergence dans l'action que les anilides exercent sur l'homme et sur les animaux doit être rapportée à leur constitution chimique, ou si elle provient simplement d'une différence dans leur mode d'administration, les substances examinées ayant été introduites, dans les essais sur les animaux, par injection sous-cutanée, tandis qu'elles ont été administrées à l'homme par voie stomacale. On pourrait peut-être alléguer, en faveur de la première alternative, un fait qui a été observé chez deux alcaloïdes de l'opium : la codéine, qui renferme un groupe méthyle de plus que la morphine, est moins toxique que cette dernière pour l'homme, elle l'est davantage pour les animaux.

NOTES SUR QUELQUES HÉLIOZOAIRES

PAR

M. Eug. PENARD,
Docteur ès sciences.

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 3 octobre 1889.

Les héliozoaires se rencontrent le plus souvent dans l'eau douce des mares, des tourbières et des ruisseaux. Bien que ces organismes aient été observés dès le siècle dernier (Joblot, O. F. Müller, Eichhorn), ce n'est guère que depuis une trentaine d'années qu'ils sont bien connus ; classés longtemps parmi les infusoires, ils ont été groupés en 1866 par Hæckel en une sous-classe spéciale. Par leurs formes particulièrement élégantes comme par toute leur organisation, les héliozoaires sont bien dignes, en nous montrant à quel degré de différenciation peut s'élever un simple rhizopode, de l'intérêt qu'on leur a porté, et c'est sur eux que je voudrais attirer un instant l'attention.

Ces animaux ne sont en effet que des rhizopodes ; mais tandis que chez leurs proches parents amœbiformes la tendance au perfectionnement s'est en général dirigée vers l'acquisition d'une capsule rigide ouverte en un point pour laisser passer les pseudopodes, comme nous le voyons dans les carapaces des *Difflugia, Arcella, Euglypha*

et d'autres, chez les héliozoaires on peut dire que cette tendance s'est portée vers la possession d'une cotte de mailles entourant le corps entier, et d'où sortent dans toutes les directions de l'espace de longs pseudopodes rayonnants.

L'enveloppe extérieure ne consiste cependant encore chez quelques-uns qu'en une couche épaisse de plasma hyalin, qui chez les Actinophrydiens se différencie en larges vacuoles ; chez d'autres (*Lithocolla*), cette couche hyaline se revêt de pierres empruntées au milieu où vit l'animal ; dans la *Clathrulina* on trouve un élégant treillis solide, formé de toutes pièces par l'individu, et percé à jour de tous côtés; mais dans la plupart des espèces on est en présence d'une véritable cotte de mailles, dont les éléments mobiles, écailles et aiguilles siliceuses, sont noyés dans la couche mucilagineuse externe dont nous venons de parler.

Les pseudopodes sont toujours remarquables par leur finesse, leur rigidité et leur longueur ; ils diffèrent en cela à première vue de ceux des rhizopodes-amibes, nus ou testacés, bien que chez quelques-uns de ces derniers (*Euglypha, Trinema, Cyphoderia,* etc.) ils puissent être aussi très longs, très fins et relativement rigides.

Tous les vrais héliozoaires ont au moins un noyau, quelquefois deux ou plus encore, mais en général l'unité est la règle ; l'*Actinosphaerium Eichhorni,* par contre, en renferme constamment un nombre considérable, jusqu'à cent et plus.

Ce noyau possède également toujours la structure qu'on a appelée vésiculaire, et qui se retrouve aussi chez les amibes ; il est composé en effet, en allant du centre à la périphérie, d'un corps central volumineux, entouré

d'une zone plus ou moins épaisse de substance hyaline (le suc nucléaire) liquide en apparence, limitée à son tour par une véritable membrane nucléaire, assez épaisse chez les Actinophrydiens, très mince chez les autres héliozoaires. Quant à la masse centrale du noyau, considérée en général comme le nucléole, elle est simple la plupart du temps; d'autres fois on la trouve divisée en plusieurs fragments noyés dans le suc nucléaire.

Le noyau pris dans son ensemble est central chez quelques espèces, excentrique dans la plupart; mais il appartient toujours pourtant à cette partie du plasma qu'on a appelée endosarc pour la distinguer d'une zone généralement moins homogène, plus granulée, souvent d'ailleurs absente ou impossible à délimiter de la première, et qui a reçu le nom d'ectosarc.

Mentionnons enfin dans cette courte description générale des héliozoaires les vacuoles plus ou moins nombreuses, qui apparaissent et disparaissent sans rythme dans la masse du plasma, et la vésicule contractile plus différenciée, qui probablement ne manque dans aucun héliozoaire. Cette vésicule présente des phénomènes de diastole et de systole, augmentant lentement de volume pour se contracter tout d'un coup. On n'en voit souvent qu'une, mais j'ai remarqué que même dans les espèces qui normalement n'en renferment qu'une seule, on peut toujours s'attendre à trouver des individus qui en portent plusieurs; aussi le nombre des vésicules contractiles n'a-t-il à mon avis qu'une valeur très secondaire quant à la détermination des espèces.

Je voudrais aujourd'hui traiter de quelques points seulement de l'anatomie des héliozoaires, ainsi que de quelques phénomènes encore peu connus de la vie de

ces animaux. J'ai eu en effet l'occasion d'étudier à Wiesbaden, localité qui s'est révélée comme très riche tant en espèces qu'en individus, la plupart des formes que l'on a décrites jusqu'ici, et mes observations ont porté sur un nombre d'individus assez considérable pour que j'aie pu arriver à des conclusions dignes de quelque intérêt.

En premier lieu je dirai quelques mots du revêtement protecteur de certaines formes typiques. Dans l'Actinophrys sol, c'est l'ectosarc vacuolisé qui tient lieu d'enveloppe; le corps est entouré d'une couche de vésicules qui par leur pression réciproque forment souvent un dessin régulier d'alvéoles à parois simplement formées de plasma hyalin. Dans l'*Actinosphaerium Eichhorni* le cas est encore le même; mais la couche d'alvéoles est plus régulière, de sorte que l'ectosarc se voit, à un faible grossissement, comme une large bande claire que traversent des stries rayonnantes; ces stries ne représentent alors que les parois des alvéoles.

Si maintenant nous passons tout d'un coup des Actinophrydiens à la grande famille des Acanthocystides, nous trouvons une structure toute différente. La masse centrale du corps est encore entourée d'une enveloppe mucilagineuse, mais sans vacuoles, et cette enveloppe elle-même semble dédoublée, la zone interne étroite restant homogène et claire, l'externe renfermant un nombre considérable de petites écailles tangentes qui sont assez rapprochées pour faire croire à une membrane continue, ou même peuvent chevaucher les unes sur les autres; outre ces écailles tangentes on trouve, noyées dans cette zone externe de l'enveloppe les bases des aiguilles radiaires dont nous parlerons plus tard.

Or la plupart des auteurs, qui, il faut le dire, semblent

n'avoir en vue qu'une membrane continue là où réellement il y a des écailles libres plongées dans un mucilage, ont considéré soit cette membrane, soit la zone claire et étroite de plasma qui lui est immédiatement intérieure comme une sorte d'exsudation sans importance particulière du plasma central; et comme d'autre part ce plasma central se voit en réalité souvent dédoublé en deux zones concentriques, ce sont ces deux dernières qu'on a appelées dans les Acanthocystides ecto- et endosarc.

A mon avis il y a là une confusion ; j'ai pu m'assurer en effet que la zone mucilagineuse squelettique est parfaitement active, et se comporte dans sa physiologie, par ex. lors de la capture des proies, comme l'ectosarc vacuolisé de l'Actinophrys. Je serais donc disposé à la considérer comme le véritable ectosarc. Cette opinion, il est vrai, est discutable, mais comme j'en ai parlé ailleurs [1] plus au long, je ne m'y arrêterai pas ici; la suite de cette communication renfermera d'ailleurs quelques éclaircissements sur ce point.

Revenons au squelette proprement dit, aux spicules siliceux, et prenons comme exemple une des plus grosses espèces, l'Acanthocystis turfacea de Carter, qui se prête le mieux aux observations :

Le squelette d'une Acanthocystis turfacea *typique* et adulte est composé d'éléments siliceux de trois formes : *a)* des écailles tangentes, épaisses, très courtes, donnant lieu par leur réunion l'une à la suite de l'autre à l'apparence d'une membrane continue; *b*) de grandes aiguilles radiaires, bifurquées au sommet et terminées en tête de clou à la base, égalant presque en longueur le diamètre

[1] *Archives de Biologie*, tome IX, 1889.

de l'animal lui-même, et *c*) de plus petites aiguilles, radiaires aussi, extrêmement fines, largement bifurquées au sommet, intercalées entre les grandes aiguilles.

La structure de ces aiguilles est peu connue et leur croissance encore moins, aussi me permettrai-je de m'y arrêter un instant encore. Ayant eu l'occasion d'observer un grand nombre d'individus, d'âges différents, j'ai fait d'abord certaines constatations qui peuvent se résumer comme suit :

a) Les longues aiguilles de l'Acanthocystis turfacea sont d'autant plus épaisses, nettes et longues que l'animal est plus âgé.

b) Dans les jeunes on ne voit que la tige même de l'aiguille, fine et peu nette ; la base en tête de clou ainsi que la fourchette du sommet sont invisibles (n'existent pas ?)

c) Le corps principal de l'aiguille est déjà parfaitement distinct alors que la base et la tête le sont à peine encore.

d) Dans l'adulte la base, et la fourchette du sommet, restent toujours plus indistinctes que le corps de la tige ; la fourchette, d'un bleu mat, est comme implantée sur l'aiguille qui semble tronquée en arrière de la bifurcation.

e) Le corps de l'aiguille résiste parfaitement à l'acide sulfurique concentré, comme à la chaleur rouge, tandis que la tête et la base disparaissent ; mais après l'action de ces réactifs l'aiguille est alors parcourue, dans cette espèce, d'une ligne centrale, brunâtre par réfraction, qui semble montrer qu'elle est creuse, comme d'ailleurs Greeff l'a déjà dit dans le temps.

f) L'aiguille, surtout chez le jeune, semble recouverte d'un vernis mucilagineux très fin. C'est ce qu'on peut

inférer de l'apparence, d'abord chez l'animal vivant, puis après simple dessiccation, enfin dans la glycérine, ou des effets produits par le passage d'un acide.

De ces observations, contrôlées par d'autres faites sur trois espèces différentes (*Acanthocystis aculeata, erinaceus, et albida*), et qui m'ont donné les mêmes résultats, je crois qu'il est permis de tirer la conclusion suivante : « Les aiguilles des Acanthocystides sont revêtues au moins pendant le temps de leur croissance d'un vernis mucilagineux, au sein duquel elles se forment. Leur croissance se fait en même temps par la base et par le sommet. »

J'ajouterai qu'ayant trouvé au mois de janvier de cette année dans un de mes bocaux une grande quantité d'individus jeunes appartenant à l'*Acanthocystis albida* (esp. nouv.), et les ayant examinés de temps à autre, j'ai trouvé à chaque observation leurs spicules radiaires plus vigoureux, de sorte qu'après trois mois leur grosseur et leur longueur étaient à peu près du double de ce qu'elles avaient à la première observation; plus tard les animaux sont restés stationnaires et sont morts dans une eau qui ne leur fournissait plus de nourriture. Comme il n'y a guère de doute que je n'aie eu constamment affaire à la même génération, il faut en inférer que ces animaux ont mis trois mois au moins pour arriver à l'état adulte, et que leur vie est par conséquent assez longue.

Un autre point encore obscur de la physiologie des héliozoaires concerne les mouvements de l'animal, et m'amène à dire quelques mots des pseudopodes.

Encore ici nous trouvons une différence bien tranchée entre les Actinophrydiens, c'est-à-dire les genres *Actinophrys* et *Actinosphaerium,* d'une part, et le reste des

héliozoaires de l'autre. Les pseudopodes de l'Actinophrys sont constitués en principe par un fil axial hyalin, d'ailleurs rarement visible, recouvert lui-même d'une couche de plasma grisâtre, assez épaisse à la base du pseudopode et très fine au sommet, et dans laquelle on a reconnu des mouvements réguliers mais très lents de granulations. Le fil axial, que l'on voit jusqu'à l'intérieur même du plasma interne de l'animal, où il vient butter contre la membrane nucléaire, présente ce phénomène très curieux qu'il peut dans certaines circonstances se dissoudre complètement, disparaître à la vue pour réapparaître un instant après ; on n'a pas réussi jusqu'à présent à expliquer ce phénomène; quelques auteurs ont pensé à un véritable retrait, où le fil s'enroulerait sur lui-même, mais cette tentative d'explication est insoutenable, car outre qu'on verrait, même facilement, ce fil à l'état d'enroulement, j'ai assisté plusieurs fois sur des exemplaires comprimés à la dissolution lente de ce fil, dont les contours, perdant graduellement de leur netteté à la fois sur toute la longueur du fil, finissaient par disparaître complètement à la vue, en même temps que le pseudopode devenait amiboïde. Peut-être n'y a-t-il là qu'un durcissement pour ainsi dire volontaire et facultatif de l'axe du pseudopode, rappelant ce qui se passe à la surface du corps des amibes et d'autres protozoaires, où l'ectosarc est visqueux ou bien au contraire résistant et non glutineux à volonté.

Les pseudopodes pris dans leur ensemble présentent des phénomènes très intéressants ; rigides à un moment donné et élastiques comme des fils d'acier, ils deviendront tout d'un coup mous et indifférents, sans pour cela changer toujours de forme ; exposés à un choc (produit par exemple par un courant d'eau violent), ils se rétracteront

subitement en une seule masse, pour repousser en quelques minutes et atteindre une longueur double de celle du corps. Les pseudopodes de l'*Actinosphaerium*, plus courts relativement au diamètre de l'animal, sont absolument semblables à ceux de l'Actinophrys, comme du reste l'animal tout entier, qui diffère assez peu de ce dernier pour que j'aie souvent été tenté de le faire dériver d'une simple colonie d'Actinophrys, mais colonie fixée comme telle dans la suite des générations, et rappelant les radiolaires coloniaux. — Quant aux pseudopodes des Acanthocystides, ils se distinguent de ceux que nous venons de voir par une finesse en même temps qu'une longueur relatives beaucoup plus considérables. Ils sont constitués par un fil rigide, sur lequel sont épars de petits grains de plasma gris reliés sans doute les uns aux autres par une sorte de vernis protoplasmique. Les grains avec le vernis représenteraient alors le revêtement grisâtre des pseudopodes de l'Actinophrys. Quant aux fils rigides, on a pu les voir traverser le corps de l'animal, et aller converger vers un centre commun, où se trouverait même un grain central se colorant vivement par le carmin.

Du reste les pseudopodes des Acanthocystides présentent les mêmes phénomènes que ceux de l'Actinophrys; ils sont rigides ou mous suivant les circonstances, et par exemple se rétractent subitement sur eux-mêmes lors du passage d'un courant d'eau, en faisant la perle comme un fil de verre mis sur la flamme.

C'est au moyen de ces longs pseudopodes que les héliozoaires se meuvent sur la vase ou courent sur les herbes aquatiques. Les Actinophrydiens paraisssent pourtant le plus souvent immobiles, mais quelquefois, par exemple lorsqu'une colonie se disloque, les individus sont animés

d'un mouvement sensible ; on voit alors qu'ils se tirent sur leurs pseudopodes antérieurs dont ils ont collé les pointes au sol, tandis que les postérieurs traînent, s'allongent par la traction puis finissent par se décoller et se raccourcir. Les pseudopodes latéraux, aussi fixés par leurs pointes au sol, traînent également un peu en arrière, de sorte que par la seule apparence générale de l'animal on peut prévoir vers quel endroit il finira par arriver.

Quant aux Acanthocystides, dont les mouvements sont quelquefois assez rapides pour qu'ils parcourent en une minute un chemin égal à dix ou douze fois leur diamètre, j'en suis arrivé après un examen très attentif à les expliquer de la manière suivante : L'animal, posé sur ses pseudopodes comme une araignée coureuse sur ses pattes, lance en avant quelques-uns de ces pseudopodes, qui se fixent au sol par leurs pointes momentanément visqueuses et peut-être aussi légèrement renflées en tête ; puis se raidissant ils tirent à eux l'animal ; le corps, tout en avançant légèrement, tourne un peu sur lui-même d'arrière en avant, cela probablement parce que les cordes soit pseudopodes qui le tirent prennent naissance au-dessus de l'équateur de l'animal ; de nouveaux pseudopodes, toujours antéro-supérieurs, se posent alors par leurs pointes en avant des premiers et se roidissent à leur tour. Ce mouvement se continuant, et les cordes antérieures tirant tandis que les postérieures se décollent une à une, souvent avec un petit choc brusque, et que les latérales semblent affermir le tout, l'animal progresse en roulant continuellement sur lui-même, de sorte que par transparence on voit tous les éléments excentriques, proies ou grains renfermés dans le corps, traverser ce corps en ligne droite, d'abord d'arrière en avant puis d'avant en

arrière. Il faut remarquer que pendant la locomotion le corps semble tourner beaucoup trop lentement par rapport au chemin qu'il fait, c'est-à-dire qu'au lieu d'avoir parcouru en un tour complet un espace égal à trois fois environ son diamètre, ce n'est qu'après avoir exécuté un trajet beaucoup plus long qu'il a fait une révolution complète ; c'est que la sphère que l'on peut se figurer comme circonscrivant l'animal n'est pas représentée par le corps lui-même, mais bien par les extrémités des pseudopodes.

Tel est d'après mes observations le processus de la locomotion chez les héliozoaires ; cette explication confirmerait l'opinion de Hertwig et de Lesser, qui dans un travail dont je n'ai eu d'ailleurs connaissance que longtemps après mes propres conclusions, ont mentionné un héliozoaire comme « roulant à la manière d'une bille et par contraction de ses pseudopodes. »

Les pseudopodes des héliozoaires, outre leurs fonctions d'organes locomoteurs, jouent encore un certain rôle dans la capture des proies. Chez l'Actinophrys les petits organismes qui se sont abattus dans les pseudopodes comme dans une toile d'araignée glissent le long de ces fils jusqu'à arriver tout près du corps, en même temps qu'un lambeau de plasma sorti de l'ectosarc va à leur rencontre, les englobe et les garde des heures entières dans une large vacuole pleine de liquide où ils sont digérés. Les pseudopodes eux-mêmes peuvent être actifs en ce sens qu'ils se recourbent autour de la proie capturée et l'attirent, mais ce fait, certain d'ailleurs, est beaucoup plus rare qu'on ne le croit généralement.

Dans les Acanthocystides le phénomène de la capture des proies est plus intéressant encore, et connu jusqu'ici seulement dans ses grands traits. Après l'avoir étudié

sur une demi-douzaine d'espèces, je puis le décrire comme suit, en prenant encore pour exemple l'*Acanthocystis turfacea* :

Lorsqu'un petit organisme, une monade par exemple, arrive dans sa course au contact d'une Acanthocystis les aiguilles radiaires de cette dernière s'écartent, se couchent, en même temps qu'il se forme une dépression à l'endroit où la proie s'est abattue ; les bases des aiguilles se déplacent alors, courant au sein même de la couche mucilagineuse qui les porte, et gagnent les bords de la dépression, où l'on voit bientôt tous les spicules accumulés en désordre ; les écailles tangentes font de même, et toute la masse mucilagineuse s'écarte laissant ainsi une ouverture où la proie finit par être en contact immédiat avec le corps intérieur ou soi-disant ectosarc de l'Acanthocystis. A ce moment le mucilage refoulé commence à monter d'un mouvement actif tout autour de la monade, et finit par l'englober complètement; les spicules montent de leur côté, et les écailles tangentes, complètement noyées dans le mucilage, arrivent au sommet bien avant les aiguilles radiaires, quoique après la fermeture complète de la voûte mucilagineuse. Il est très intéressant de voir ces écailles avancer l'une derrière l'autre dans cette enveloppe hyaline, où elles semblent nager entre deux eaux comme par un mouvement propre ; les aiguilles radiaires, plongées par leur base seulement dans cette enveloppe, paraissent avoir plus de résistance à surmonter, et arrivent au sommet plus lentement; cependant elles l'atteignent et après un moment de confusion elles reprennent leur position respective; l'Acanthocystis est alors complètement recouverte de sa cotte de mailles, et un observateur arrivant à ce moment-là pourrait se demander par

où une si grosse proie a pu pénétrer sous la membrane. Le phénomène tout entier a à peine duré plus d'une minute.

Quant au genre de nourriture des héliozoaires, il est variable suivant le milieu ; on en voit qui sont bourrés d'algues microscopiqnes, diatomées, desmidiées, etc. ; mais en général ils semblent capturer plus volontiers de petits animaux, monades, vorticelles, rotifères, etc. ; l'Actinophrys en particulier fait une consommation incroyable de ces derniers, et ne les capture pas toujours sans peine.

Il resterait beaucoup à dire sur la physiologie et la constitution des héliozoaires ; je n'ai pas mentionné les corps de différente nature contenus dans le plasma interne, grains d'amidon, de chlorophylle et autres, ni les phénomènes de multiplication (fission, conjugaison, bourgeonnement, spores), ni les kystes siliceux dans lesquels les animaux se retirent, ni les colonies que quelques espèces aiment à former. Tout cela nous mènerait un peu loin[1]. Je préfère aujourd'hui ajouter quelques mots sur certains organismes qui peuvent nous montrer des points de rapprochement entre les héliozoaires d'une part, les monères, les amibes et même les flagellés d'une autre.

Le premier de ces organismes est la *Vampirella spirogyræ* de Cienkowsky. Hæckel a classé les vampirelles

[1] Cependant je voudrais revenir sur certains grains bleus très brillants, très gros parfois, inclus dans le corps des Acanthocystides, et dont j'ai discuté la signification dans la 2me partie de mon étude sur les Héliozoaires (*Archives de Biologie*, tome IX). Depuis quelque temps déjà, j'en étais arrivé à la conclusion que j'avais eu simplement affaire à des grains d'amidon. Or il y a quelques jours, ayant ouvert une préparation à la glycérine où je conservais un de ces gros grains, j'ai traité ce dernier par l'iode, et je l'ai vu se colorer instantanément en un beau violet. C'est donc bien de l'amidon, et mes premières suppositions étaient fausses.

parmi les monères, ou rhizopodes dépourvus de noyau comme de vésicule contractile; dans ces derniers temps on a il est vrai découvert dans plusieurs organismes qui avaient jusque-là passé pour dépourvus de noyau des grains de chromatine ou substance nucléaire très nombreux, disséminés dans tout le corps; dans quelques individus de vampirelles Zopf a trouvé paraît-il un véritable noyau. Mais la classification de Hæckel conserve encore une grande valeur systématique. Pour ce qui concerne les vampirelles, je ne sais si les auteurs qui en ont fait des héliozoaires (par exemple Bütschli dans son bel ouvrage sur les Protozoaires) n'ont pas attaché une trop grande importance à de simples ressemblances extérieures.

La *Vampirella spirogyræ* est à l'état normal un petit rhizopode de 40 micromillimètres environ de diamètre, sphérique, d'un beau rouge de brique, dépourvu de noyau et de vésicule contractile mais renfermant par contre dans son ectosarc une grande quantité de petites vacuoles non contractiles. A l'extérieur rayonnent un nombre considérable de pseudopodes, les uns longs et couverts de granulations, les autres très courts et comme terminés par des têtes d'épingles ; cette dernière apparence provient de ce qu'il court constamment sur ces pseudopodes, surtout lorsque l'animal est en marche, de très petites sphères hyalines, qui semblent positivement être lancées au dehors par l'animal, pour retomber aussitôt à la place même d'où elles ont été expulsées. Le phénomène de ces petites boules sautant de tous côtés est si extraordinaire à voir, que lorsque j'eus sous les yeux pour la première fois cette espèce à moi inconnue alors, je ne crus pouvoir mieux faire que de l'appeler provisoirement la Vampirelle jongleuse; plus tard j'ai vu qu'elle était décrite, et

portait même deux noms, *Vampirella lateritia* à cause de sa couleur, et *Vampirella spirogyrae* en faveur de la plante dont elle fait le plus volontiers sa nourriture.

C'est de la manière dont cette espèce s'y prend pour vider les cellules des *spirogyra* que je voudrais dire ici quelques mots; en effet mes observations m'ont amené à une explication différente de celle qu'on en donne habituellement. La vampirelle, dit-on, perce un trou dans une cellule de *spirogyra,* et y introduit un pseudopode qui est chargé d'aller chercher le contenu de cette cellule. Pour mon compte, voici comment je puis décrire le phénomène, que j'ai observé à différentes reprises, et toujours pour en arriver aux mêmes conclusions : La Vampirelle se fixe sur une cellule de *spirogyra,* retire ses pseudopodes sauf quelques-uns qui se collent à l'algue; puis elle se moule elle-même à la cellule sur une portion de sa surface, et s'immobilise. Pendant un instant rien ne se passe; puis l'on voit la zone fixée se relever à l'intérieur en voûte, les bords restant toujours solidement moulés en anneau; la voûte s'élève toujours, et tout à coup, brusquement, la paroi de l'algue crève, le suc cellulaire de la *spirogyra* passe en un courant violent dans la Vampirelle; le plasma grisâtre de la cellule passe à son tour plus lentement, avec le chromatophore vert que l'on voit glisser tout d'une masse; la cellule se vide complètement, la Vampirelle pousse des pseudopodes, se détache et s'éloigne en laissant dans la cellule vide une déchirure bien visible. Souvent alors elle va chercher la cellule suivante, ou même une troisième, puis après les avoir vidées de la même manière et avoir beaucoup grossi elle s'enkyste. A ce moment elle a perdu sa teinte de brique, tout au plus visible çà et là par taches dans la masse verdâtre

dont son corps est bourré. Plus tard enfin elle se divisera dans son kyste en plusieurs embryons, qui perceront un trou et sortiront l'un après l'autre, revêtus déjà de leur belle couleur rouge. Pour en revenir à la nutrition de la Vampirelle, elle se fait donc, à mon avis, par un véritable phénomène de succion, tout le corps de l'animal fonctionnant comme une ventouse; ce qui semblerait pourtant s'opposer à cette manière de voir, c'est que la cellule de l'algue, à mesure qu'elle se vide, ne s'aplatit pas sous la pression du liquide ambiant ; mais il est possible que cette cellule, à mesure qu'elle perd son contenu primitif, se remplisse d'eau à travers la partition qui la sépare de la suivante, ou même à travers toute sa paroi.

Un autre organisme sur lequel je désire attirer une minute l'attention est une forme nouvelle d'héliozoaire, que j'ai rencontrée cet été en assez grande abondance, mais dans une seule de mes pêches. Le corps, très petit, de 15 micros environ, d'une teinte rougeâtre, est normalement sphérique mais est sujet à des déformations très rapides et assez considérables, quoique toujours assez ramassé sur lui-même et gardant ses contours nets; l'ectosarc, une bande mince plus claire, est parcouru d'une ligne de spicules tangents très petits, mais il n'y en a pas de rayonnants; les pseudopodes, hyalins, peu granulés, excessivement longs, filiformes et plus épais à la base qu'au sommet, sont très peu nombreux. L'animal court comme une araignée au moyen de ses pseudopodes, sautant de côté ou droit devant lui avec une agilité surprenante, de manière à marcher presque aussi vite qu'un flagellé. Il m'a quelquefois même paru nager en pleine eau, et peut en tout cas faire réellement battre ses pseudopodes qui pourtant n'ont rien à faire avec de véritables

flagellums. Cet organisme possède un noyau excentrique dans un endosarc clair, et une vésicule contractile. Il n'y a pas de doute que nous n'ayons là un véritable héliozoaire, mais qui rappellerait quelques amibes par la plasticité de son corps, la nature et le nombre restreint de ses pseudopodes *(Amoeba radiosa).*

Enfin deux mots encore sur un dernier organisme, que j'ai également trouvé cet été en abondance à Wiesbaden, mais dans une seule localité. C'est une véritable monade, sphérique, de petite taille (10 à 15 micros), avec deux flagellums très clairs, que j'ai souvent pu voir battre en attirant la nourriture dans une dépression ou bouche ouverte près de leur base. Mais ce qui distingue ce protozoaire des flagellés en général, c'est la possession de nombreux pseudopodes filiformes, rigides, droits et couverts de granulations, semblables en un mot à ceux des Acanthocystides, et au moyen desquels l'animal se fixe au sol et se meut lentement. Cet organisme est pourvu d'un noyau central et d'une vésicule contractile, et peut se nourrir également par toute sa surface, à la manière des héliozoaires.

Bien que ce protiste doive être considéré comme un flagellate, il m'a paru intéressant de mentionner cet organisme, qui semble avoir acquis de son côté certains éléments caractéristiques d'un groupe tout différent de protozoaires.

LES
THÉORIES DE M. VAN DER WAALS

PAR

M. Philippe-A. GUYE

Il y a dix ans environ que paraissait le mémoire important de M. van der Waals sur « la continuité de l'état gazeux et de l'état liquide. » Malgré l'originalité des vues du physicien hollandais, malgré les développements ingénieux qu'il avait su leur donner, ses remarquables théories n'ont peut-être pas encore conquis dans la science le rang auquel elles peuvent prétendre.

Le mémoire original, publié en hollandais, a été traduit en allemand par M. le Dr Roth[1], et plusieurs recueils périodiques en ont donné une analyse sommaire. Mais l'équation de M. van der Waals et les nombreuses lois qu'on en tire embrassent un ensemble de faits beaucoup trop considérable pour que les comptes rendus qui en ont été publiés permettent d'apprécier toute la portée de ce travail.

[1] *Die Continuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes.* Leipzig, 1881. — On consultera aussi avec fruit quelques chapitres des deux ouvrages suivants : Ostwald, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie* Landolt, *Physikalische Chemie.*

En ce qui concerne plus particulièrement la chimie, ces théories jettent un jour nouveau sur la corrélation qui doit exister entre certaines propriétés physiques des corps et leur constitution moléculaire. Je me propose de donner prochainement quelques développements à cette partie fort intéressante du sujet, et pour ne pas être obligé de revenir à chaque page sur des points démontrés par M. van der Waals, je crois bien faire d'exposer dans cette première note, d'une façon aussi élémentaire que possible, mais avec plus de détails qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, les vues émises par le savant hollandais.

1. On sait que les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, qui trouvent leur expression dans la formule

$$pv = p_0 v_0 (1 + \alpha t) \tag{1}$$

se déduisent d'une façon assez simple de l'hypothèse de Bernouilli sur la constitution des gaz.

Mais, pour arriver à ce résultat, on néglige deux facteurs importants. D'une part, on ne tient aucun compte de l'attraction des molécules gazeuses les unes pour les autres, attraction d'autant plus appréciable que la matière gazeuse est plus comprimée et que ses particules sont par conséquent plus rapprochées.

On assimile d'autre part ces dernières à de simples points matériels, sans volume, de sorte que, si l'on considère une masse gazeuse renfermée dans un vase cubique par exemple, on admet, — dans l'hypothèse de Bernouilli, — que le chemin parcouru par une molécule se transportant normalement d'une paroi du récipient à la paroi opposée est strictement égal à la distance sépa-

rant ces deux parois. Mais si nous voulons, tenir compte du volume de la molécule, il n'en est plus ainsi, et le chemin parcouru par le centre de gravité de la molécule est alors égal à la distance séparant les deux parois diminuée de deux fois la distance comprise entre le centre de gravité de la molécule et la paroi au moment du choc.

M. van der Waals a cherché ce que devenait l'équation (1) donnée plus haut, lorsqu'on tient compte de ces corrections et à la suite de considérations développées dans la première partie de son mémoire avec tous les détails que comporte le sujet, il a remplacé l'équation (1) par l'équation suivante :

$$(2) \quad \left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = \left(p_0 + \frac{a}{{v_0}^2}\right)(v_0 - b)(1 + \alpha t)$$

Dans cette expression, p_0 et v_0 représentent la pression et le volume du gaz à 0° ; p et v sont les mêmes données à la température de $t°$; α est l'accroissement de force vive des molécules pour un degré centigrade $\left(\alpha = 0{,}00366 = \frac{1}{273}\right)$; b est un multiple (le quadruple) du volume total et invariable occupé par les molécules gazeuses ; a est l'attraction spécifique entre ces molécules.

Il est à remarquer que le produit $\left(p_0 + \frac{a}{{v_0}^2}\right)(v_0 - b)$ représente en général une constante numérique dépendant des conditions initiales des expériences et du choix des unités ; il est quelquefois désigné par R. On peut aussi poser $p_0 = 1$ et $v_0 = 1$. L'équation (2) revêt alors l'une des deux formes suivantes :

$$(3) \qquad \left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R\,(1 + \alpha t)$$

ou bien

$$(4) \qquad \left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = (1 + a)(1 - b)(1 + \alpha t)$$

En comparant les équations (1) et (2), on constatera que l'équation fondamentale de M. van der Waals a simplement la signification suivante :

« Les lois de Mariotte et de Gay-Lussac deviennent rigoureusement exactes à la condition d'ajouter à la pression extérieure l'attraction réciproque des molécules, égale à $\frac{a}{v^2}$, et de retrancher du volume apparent occupé par le gaz un volume égal à quatre fois le volume moléculaire. »

Nous pouvons enfin mettre l'équation (3) sous la forme suivante

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = \frac{R}{273}(273 + 273\alpha t) = \frac{R}{273}\,T$$

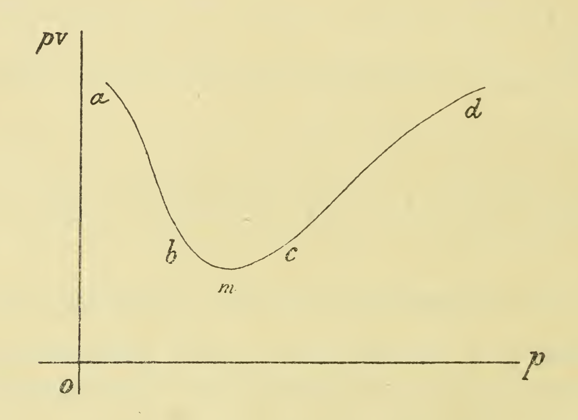
et si nous convenons d'appeler le terme $\frac{a}{v^2}$ la *pression moléculaire*, et le terme $(v - b)$ le *volume intermoléculaire inactif*, nous pourrons traduire l'équation fondamentale de M. van der Waals dans l'énoncé suivant :

Le produit du volume intermoléculaire inactif $(v - b)$ *par la somme des pressions externe et moléculaire* $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)$ *est proportionnel à la température absolue.*

Cette loi se prête à de nombreuses vérifications ; nous allons passer en revue les plus importantes.

2. *Compressibilité des gaz.* Les expériences de Regnault et d'Amagat ont démontré de la façon la plus complète

que la loi classique de Mariotte n'est jamais vérifiée et ne peut être considérée que comme une première approximation. Le produit pv au lieu de rester constant, quelle que soit la pression, varie au contraire avec cette dernière. Pour tous les gaz, à mesure que la pression p s'élève, le produit pv diminue, et cela jusqu'à une certaine valeur minimum à partir de laquelle il prend des valeurs croissantes. Graphiquement, le produit pv ne peut donc être représenté par une droite parallèle à l'axe des pressions, ainsi que l'exige le simple énoncé de la loi de Mariotte. Il doit être au contraire figuré par une courbe affectant à peu près la forme suivante :



La formule de M. van der Waals permet d'expliquer très simplement, et en même temps très exactement cette contradiction entre les résultats de l'expérience et ceux que la loi de Mariotte faisait prévoir.

L'équation (4) peut en effet s'écrire

$$(5)\quad pv = (1 + a)(1 - b)(1 + \alpha t) - \frac{a}{v} + \frac{ab}{v^2} + bp$$

ou, en remarquant qu'à température constante le premier terme du second nombre ne change pas.

$$pv = C - \frac{a}{v} + \left(\frac{ab}{v^2} + bp)\right)$$

Pour de faibles valeurs de p; les valeurs de v sont relativement grandes. Or, a et b étant toujours des quantités plus petites que 1, le terme $\frac{a}{v}$ l'emportera sur les termes $\frac{ab}{v^2} + bp$. Le produit pv ira donc en décroissant pour des valeurs croissantes de p, et cela jusqu'à un minimum déterminé par la condition.

$$\frac{a}{v} = \frac{ab}{v^2} + bp$$

A partir de ce minimum, p croissant toujours et v diminuant, les deux termes $\frac{ab}{v^2} + bp$ l'emporteront sur le terme $\frac{a}{v}$ et le produit pv prendra des valeurs croissantes. L'équation (5) est donc bien l'expression des faits.

Il y a quelques mois encore l'hydrogène pouvait être considéré comme ne suivant pas la loi générale de compressibilité, représentée par la formule (5), attendu que la valeur du produit pv va croissant sans passer par le minimum caractéristique. Des expériences récentes de M. Wroblewski[1] viennent de démontrer que dans les conditions où l'on avait opéré jusqu'alors, on n'avait en réalité observé que la partie cd des courbes isothermes.

[1] *Wien. Monatshefte* 9, 1087.

Mais si l'on expérimente à de basses températures, ainsi que l'a fait le savant russe, le produit pv passe bien par le minimum prévu par la formule de M. van der Waals.

Tous les gaz suivent donc la loi de compressibilité prévue par cette formule, telle qu'elle est donnée par l'équation (5). Cette dernière se prête du reste à des vérifications numériques très satisfaisantes. Nous aurons l'occasion d'en mentionner une au cours de cette étude (§ 6).

3. *Expansion des gaz.* Supposons une masse gazeuse occupant le volume v_0 à 0° sous la pression p_0 ; nous avons vu que ces quantités déterminent la constante R.

$$(a) \qquad R = \left(p_0 + \frac{a}{v_0^2}\right)(v_0 - b)$$

Chauffons cette masse gazeuse à volume constant jusqu'à une température de $t°$. Soit p_t la pression à laquelle elle fera alors équilibre. Cette pression sera donnée par l'équation (5) dans laquelle nous ferons $p = p_t$ et $v = v_0$, puisque le volume reste constant :

$$(b) \qquad \left(p_t + \frac{a}{v_0^2}\right) v_0 - b) = R(1 + \alpha t)$$

Retranchant (*a*) de (*b*), il vient

$$(p_t - p_0)(v_0 - b) = R\alpha t$$

divisant par p_0 et remplaçant R par sa valeur.

$$\frac{p_t - p_0}{p_0} = \left\{1 + \frac{a}{p_0 v_0^2}\right\} \alpha t$$

D'une manière générale, on aura de même

$$(c) \qquad \frac{p_{t_2} - p_{t_1}}{p_o(t_2 - t_1)} = \left\{ 1 + \frac{a}{p_o v_o^2} \right\} \alpha$$

Le premier membre de l'équation (5) n'est autre que le coefficient d'expansion pour un degré centigrade. Désignons-le par α_p. L'équation devient alors

$$(6) \qquad \alpha_p = \left(1 + \frac{a}{p_o v_o^2} \right) \alpha$$

Elle se prête à deux vérifications importantes.

Le second membre de l'équation (6) étant indépendant de t il en résulte que *le coefficient d'expansion d'un gaz ne dépend que du volume initial et nullement de la température ;* il conserve donc la même valeur à tous les degrés de l'échelle thermométrique ; à ce titre c'est une mesure exacte de la température.

Cette conséquence théorique de l'équation de M. van der Waals se trouve vérifiée par les expériences de Regnault qui a constaté que les thermomètres à gaz, même à acide carbonique, sont comparables entre eux jusqu'à 300°. Le thermomètre à acide sulfureux fait seul exception, et seulement entre 0° et 100°, d'après M. van der Waals qui a repris le calcul des données de Regnault sur ce sujet. Au delà de 100°, la concordance de marche du thermomètre à acide sulfureux avec les autres thermomètres à gaz ne laisse rien à désirer. L'anomalie entre 0° et 100° aurait sa cause dans la condensation exceptionnelle de l'acide sulfureux à la surface du verre[1].

[1] M. van der Waals se borne à citer à l'appui de cette inter-

Une deuxième vérification de la formule (6) est relative à la constante a de l'hydrogène. Dans les conditions ordinaires des expériences sur la compressibilité de ce gaz, le produit pv ne passe pas par le minimum prévu par l'équation de M. van der Waals.

La raison en est dans l'extrême petitesse de la constante a de l'hydrogène. En effet, si a est négligeable, l'équation (b) devient

$$\alpha_p = \alpha$$

De là résulte que le coefficient d'expansion de l'hydrogène doit être égal à l'accroissement de force vive des molécules gazeuses pour 1° et qu'il est indépendant de la densité, les termes p_0 et v_0 ayant disparu de la valeur de α_p. En réalité, il en est bien ainsi, Regnault[1] ayant observé que, *seul entre tous les gaz*, l'hydrogène possède un coefficient d'expansion indépendant de la pression initiale à laquelle il est soumis.

Dans ces conditions, nous pouvons donc adopter pour α la valeur moyenne du coefficient d'expansion de l'hydrogène, telle qu'elle résulte des expériences de Regnault et de Magnus, soit 0,00366.

prétation les expériences de Pouillet sur la condensation des gaz par le platine et celles d'Herwig relatives à l'éther et à l'alcool, pour des surfaces de verre. M. Roth invoque en outre les expériences de M. Chappuis (*Wied. Ann.* 8, p. 1 et 671) qui a constaté qu'une surface de verre de 1^{mm^2} abandonnerait entre 0° et 100° un volume de 0^{cc},00059 de gaz sulfureux. D'autre part, d'après des expériences récentes de M. Chappuis, exécutées au Bureau international des Poids et Mesures au moyen d'un thermomètre en platine-iridium, la comparabilité des thermomètres à gaz ne serait pas absolument rigoureuse; mais la cause de ces écarts n'a pas encore fait l'objet d'études spéciales.

[1] *Mém. de l'Acad.* 21, p. 116.

4. *Calcul des constantes* a et b. Connaissant ainsi α, nous pourrons déterminer la valeur des constantes a et b. Les valeurs des coefficients d'expansion des gaz étant exprimées par l'équation (6), nous pourrons en tirer la valeur de a, la seule quantité qui ne soit pas numériquement déterminée dans cette équation.

Transportant ensuite les valeurs de a et α dans l'équation (5) considérée plus haut, tout y sera connu, sauf b dont nous tirerons aussi la valeur.

En admettant ainsi que pour l'hydrogène $a = o$, M. van der Waals a déduit quelques valeurs approchées de a et de b pour différents gaz. Nous reviendrons sur ce sujet en indiquant une méthode tout à fait exacte de calculer ces constantes.

5. *Dilatation des gaz*. Les phénomènes de dilatation des gaz à pression constante se prêtent également à des vérifications de la formule fondamentale. Vu la complication des calculs qu'entraîne ce sujet, nous nous bornerons à indiquer sommairement les conclusions auxquelles M. van der Waals est arrivé en étudiant la forme que prend alors l'équation (2) :

« Le coefficient de dilatation des gaz dépend de leur densité et de la température à laquelle on les considère.

Pour l'hydrogène, vu la petitesse de la constante a, ce coefficient ne dépend que de la densité, d'où résulte que l'hydrogène peut seul servir à la construction de thermomètres à gaz à volume variable. »

Ces résultats sont conformes à l'expérience, sinon en toute rigueur, du moins avec une très grande approximation.

6. *Température critique*. L'étude des phénomènes qui se passent dans le voisinage de la température critique a

fourni à M. van der Waals plusieurs vérifications importantes et inattendues à l'appui de ses théories. Il importe donc de traiter ce sujet avec quelques détails.

Reprenons l'équation fondamentale (4) et développons-la par rapport à v. Toutes réductions faites, il vient :

$$(7) \quad v^3 + \left(b + \frac{(1+a)(1-b)(1+\alpha t)}{p}\right)v^2 + \frac{a}{p}v - \frac{ab}{p} = 0$$

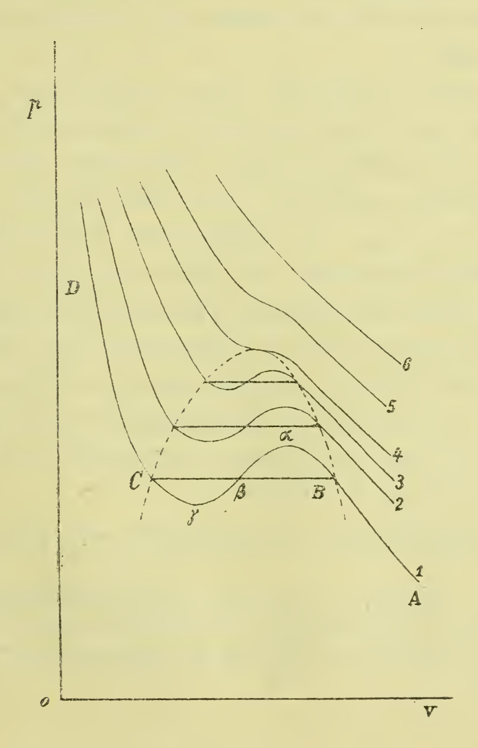
Cette équation est du troisième degré par rapport à v. Or, toute équation du troisième degré possède ou trois racines réelles ou une seule racine réelle (les deux autres devenant alors imaginaires).

Il résulterait donc de ce fait que si l'équation de M. van der Waals est juste, un même corps serait susceptible de se présenter dans de certaines conditions de pression et de température avec trois volumes caractéristiques ou avec un seul. Lorsque la température et la pression sont telles que le corps puisse prendre en même temps l'état de vapeur et celui de liquide, nous lui trouvons bien deux volumes caractéristiques, un pour chacun de ces deux états. Mais quel est alors ce troisième volume que comporte l'équation ?

Pour nous en rendre compte, représentons graphiquement les relations qui existent entre le volume et la pression. Soient donc *op* et *ov* les axes des pressions et des volumes ; considérons une série d'isothermes en dessous de la température critique, et en premier lieu l'isotherme DCBA. A mesure que la pression augmente, le volume décroît de A en B, point auquel la vapeur se liquéfie et passe brusquement du volume B au volume C. De là, la pression croissant toujours, le volume du liquide continue à décroître de C en D. La courbe des volumes

en fonction des pressions se compose donc de deux branches AB et CD réunies par une partie droite BC. C'est ainsi du moins que l'on a coutume de représenter le phénomène.

Construisons maintenant, pour le même corps et avec les mêmes unités, la même isotherme, telle qu'elle se déduit de l'équation (7) donnée plus haut. Nous obtiendrons deux parties AB et CD coïncidant entièrement avec les courbes tirées de l'expérience, mais au lieu de la partie droite BC réunissant les deux branches AB et CD, nous trouverons une courbe continue de la forme $B\alpha\beta\gamma C$, de sorte que le tracé complet de l'isotherme déduite de l'équation (7) sera figuré par la ligne $AB\alpha\beta\gamma CD$.



Si nous examinons la partie $C\gamma$ de la courbe, nous en concluons que dans certains cas un corps doit pouvoir exister à l'état liquide sous une pression inférieure à la tension maximum de sa vapeur pour la température considérée. L'expérience démontre qu'il en est bien ainsi; l'état des liquides surchauffés correspond en effet à cette condition. Le volume du liquide ne peut être alors représenté que par la partie $C\gamma$ de la courbe isotherme.

D'autre part, des expériences de MM. Wüllner et Grotrian ont démontré qu'une vapeur peut conserver son état de vapeur sous une pression supérieure à celle qui, dans des conditions ordinaires, provoque sa liquéfaction. Il y a donc aussi des cas dans lesquels le volume d'un liquide ne peut être représenté que par la partie $B\alpha$ de l'isotherme.

Quand à la partie $\alpha\beta\gamma$ de la courbe, on ne peut la construire en s'appuyant sur les données fournies jusqu'ici par l'expérience. Mais l'observation démontrant l'existence des parties $C\gamma$ et $B\alpha$, celle de $\alpha\beta\gamma$ devient nécessaire si l'on veut satisfaire à la loi de continuité, cet axiome fondamental des sciences physiques. Le troisième volume caractéristique d'un corps correspond donc au point β de la courbe; il représente un état d'équilibre tout particulièrement instable, ainsi que le fait prévoir l'étude expérimentale des phénomènes de retard d'ébullition et de retard de liquéfaction représentés par les parties $C\gamma$ et $B\alpha$ de la courbe[1].

Mais poursuivons, et considérons une série d'iso-

[1] M. J. Thomson, se basant sur des faits d'expérience, avait déjà prévu en 1871 l'existence de ce troisième volume auquel les théories de M. van der Waals viennent donner une interprétation théorique.

thermes 2, 3, 4, 5 et 6 pour des températures de plus en plus élevées. La simple inspection des courbes ainsi obtenues démontre que les trois points A, β, C se rapprochent toujours plus les uns des autres à mesure que la température s'élève. En d'autres termes, le volume du liquide tend à s'identifier avec celui de la vapeur. Enfin, pour une certaine température (celle relative à la courbe n° 4 de la figure), les trois points coïncident, de sorte qu'une parallèle à l'axe des volumes au lieu de couper la courbe en trois points n'est plus que tangente en un point. Le *triple point* est donc celui où la continuité parfaite entre l'état liquide et l'état gazeux se trouve réalisée. Expérimentalement, c'est le caractère fondamental du *point critique,* qui se trouve ainsi déterminé par l'isotherme du triple point. Le volume qu'occupe alors la substance est le *volume critique,* sa densité la *densité critique,* la pression qu'elle supporte la *pression critique,* et la température à laquelle elle se trouve la *température critique.* Avec plusieurs auteurs, nous désignerons ces constantes par les symboles grecs φ, δ, π et ϑ.

Au point critique, les trois volumes caractéristiques que nous avons considérés précédemment se réduisent à un seul; en d'autres mots, les trois racines de l'équation (7) doivent être égales. Or on démontre qu'une équation du troisième degré de la forme

$$x^3 - Ax^2 + Bx - C = 0$$

a ses trois racines égales lorsque les trois conditions suivantes sont satisfaites :

$$x = \frac{A}{3} \qquad x^2 = \frac{B}{3} \qquad x^3 = C$$

Remplaçant donc dans (7) v par φ, p par π et t par ϑ, nous en déduisons les trois équations de condition suivantes :

$$3\varphi = b + \frac{(1+a)(1-b)(1+\alpha\vartheta)}{\pi}$$

$$3\varphi^2 = \frac{a}{\pi} \qquad \varphi^3 = \frac{ab}{\pi}$$

Ces trois équations nous donnent enfin :

(8) $$\varphi = 3b$$

(9) $$\pi = \frac{a}{27b^2}$$

(10) $$1 + \alpha\vartheta = \frac{8}{27} \frac{a}{(1+a)} \frac{1}{b(1-b)}$$

ou très approximativement

(11) $$1 + \alpha\vartheta = \frac{8}{27} \frac{a}{b}$$

Nous voilà donc en possession de formules qui permettent de calculer la pression critique et la température critique d'un corps, connaissant les valeurs des constantes a et b telles qu'elles nous sont données par l'étude des écarts des lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

Inversément, nous pouvons aussi déduire les valeurs des constantes a et b, si nous connaissons les valeurs de la pression critique et de la température critique. Les trois équations de condition ci-dessus deviennent alors

(12) $$b = \frac{\varphi}{3}$$

$$(13) \qquad a = 3\pi\varphi^2$$

$$(14) \qquad \frac{3}{8}(1+\alpha\vartheta) = \frac{\pi\varphi}{(1+3\pi\varphi^2)\left(1-\frac{\varphi}{3}\right)}$$

ou très approximativement

$$(15) \qquad 1+\alpha\vartheta = \frac{8}{3}\pi\varphi$$

Les théories de M. van der Waals nous conduisent donc à relier d'une façon relativement simple deux ordres de phénomènes essentiellement distincts : les constantes critiques et les écarts des lois de Mariotte et de Gay-Lussac. Mais ces résultats si importants ne reposent pas seulement sur des considérations purement théoriques ; les vérifications numériques ont démontré en effet de la façon la plus heureuse l'exactitude des conclusions qui viennent d'être établies.

Ne pouvant développer tous les calculs que comportent ces diverses vérifications, nous nous contenterons d'en signaler deux qui sont plus particulièrement frappantes, l'une relative à la compressibilité de l'éthylène, l'autre à la dilatation de l'acide carbonique.

M. van der Waals a déterminé expérimentalement les constantes critiques de l'éthylène et a trouvé

$$\vartheta = +9°,3 \qquad \pi = 58^{\text{atm.}}$$

Ces constantes introduites dans les équations (12), (13) et (14) lui ont permis de calculer les valeurs de a et de b pour l'éthylène, soit :

$$a = 0{,}0101 \qquad b = 0{,}0029$$

Transportant ces valeurs dans l'équation (5) (développée au début de ce travail), qui donne les valeurs du produit pv, M. Baynes a calculé les valeurs de ce produit à la température de 20° et les a comparées à celles observées par M. Amagat dans des expériences tout à fait indépendantes. Les valeurs calculées et observées, réduites dans les mêmes unités, sont réunies dans le tableau suivant :

Pression en atmosphères.	Produit pv calculé.	Produit pv observé.
31,58	895	914
45,80	782	781
59,38	624	522
72,86	387	416
84,16	392	399
94,53	413	413
110,47	456	454
133,26	520	520
176,01	642	643
233,58	805	807
282,21	940	941
329,14	1067	1067
398,71	1254	1248

A l'exception de la troisième valeur, qui est évidemment erronée, la concordance entre les données du calcul et de l'expérience est d'autant plus remarquable que toutes les valeurs calculées de pv jusqu'à 400 atmosphères sont déduites de deux observations seulement : une température (+9°,3) et une pression (58 atmosphères).

Les constantes critiques de l'acide carbonique ont été

déterminées par M. Andrews et, de ces données, M. van der Waals a déduit les valeurs suivantes des constantes a et b :

$$a = 0,00874 \qquad b = 0,0024$$

Au moyen de ces valeurs introduites dans la formule de M. van der Waals, M. Korteweg a pu calculer le coefficient moyen de dilatation de l'acide carbonique sous la pression atmosphérique. Les résultats du calcul coïncident remarquablement avec ceux des expériences de Regnault et de M. Amagat, comme le fait voir clairement le tableau suivant :

Coefficient moyen de dilatation de CO_2.

De 0° à t°.	Formulé van der Waals.	Trouvé par Amagat.	Trouvé par Regnault.
$t =$ 50	0,003714	0,003714	—
= 100	0,003711	0,003711	0,003710
= 150	0,003708	0,003706	—
= 200	0,003705	0,003704	—
= 250	0,003703	0,003703	—

Les différences entre les valeurs calculées et trouvées ne portent que sur la dernière décimale et sont comprises entre les limites des erreurs d'observation [1].

Le cadre donné à ce travail ne me permet pas de rappeler ici plusieurs vérifications numériques qui toutes viennent confirmer l'exactitude des relations établies entre les constantes a et b et les constantes critiques. Je laisse également de côté trois chapitres fort intéressants

[1] Notons en passant que la formule proposée par Clausius pour l'acide carbonique dont nous parlerons plus loin ne donne pas des valeurs aussi exactes du coefficient de dilatation.

relatifs à la valeur de la constante K (théorie de la capillarité de Laplace), aux dimensions moléculaires et aux transformations à faire subir à quelques équations considérées dans la théorie mécanique de la chaleur. Je préfère terminer cette étude par quelques développements relatifs aux conséquences tout à fait inattendues que M. van der Waals a su tirer des équations précédemment établies.

7. *Isotherme réduite.* Reprenons l'équation fondamentale

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R\,(1 + \alpha t)$$

Nous avons vu (équation (8), (9) et (10) que

$$\pi = \frac{a}{27\,b^2} \qquad \varphi = 3b$$

$$1 + \alpha\vartheta = \frac{8}{27}\ \frac{a}{bR}$$

En effet,

$$R = \left(p_o + \frac{a}{{v_o}^2}\right)(v_o - b)$$

et prenant

$$p_o = 1,\ \ v_o = 1$$

on a

$$R = (1 + a)\,(1 - b)$$

Posons maintenant :

$$p = \varepsilon\pi, \quad v = n\varphi, \quad 1 + \alpha t = m\,(1 + \alpha\vartheta)$$

et introduisons ces valeurs de p, v et $1+\alpha t$ dans l'équation fondamentale. Il vient, toutes réductions et éliminations faites :

$$(15) \qquad \left(\varepsilon + \frac{3}{n^2}\right)(3n-1) = 8m$$

En d'autres termes, *si l'on exprime la pression en fraction de la pression critique, le volume en fraction du volume critique, la température en fraction de la température critique, il ne reste plus qu'une seule isotherme, la même pour tous les corps. Tout ce qui est particulier à la substance, tout ce qui est* SPÉCIFIQUE *a disparu de l'équation.*

La courbe représentée par l'équation (15) a été désignée par M. van der Waals : l'*isotherme réduite.*

Nous dirons également dans la suite que des corps sont à des *températures correspondantes* lorsque ces températures sont respectivement des fractions égales des températures critiques des corps considérés, ou, si l'on veut, lorsque pour chaque corps la valeur de m est la même dans l'une des deux expressions équivalentes $1+\alpha t = m(1+\alpha\vartheta)$ ou $273+t = m(273+\vartheta)$.

On définira de même *tensions* ou *pressions correspondantes* des pressions telles que pour chaque corps ε ait la même valeur dans l'expression $p = \varepsilon\pi$.

Des volumes spécifiques seront dits aussi *volumes correspondants* lorsque pour chaque corps n aura la même valeur dans l'expression $v = n\varphi$.

Ces définitions étant admises, reprenons la suite des développements donnés par M. van der Waals à ses théories. On démontre que l'équation de Maxwell-Clausius

$$p(s-v) = \int_v^s p\,dv$$

dans laquelle s représente le volume de la vapeur saturée et v celui du liquide à la même température t, peut être mise sous la forme

$$p(s-v) = \mathrm{R}(1+\alpha t)\, l.\, \frac{s-b}{v-b} + \frac{a}{s} - \frac{a}{v}$$

Introduisant dans cette équation pour p, t, v et γ les valeurs suivantes $p=\varepsilon\pi$, $1+\alpha t=m(1+\alpha\vartheta)$, $s=n_3\varphi$, $v=n_1\varphi$, il vient, toutes réductions faites,

$$(16)\qquad \left(\varepsilon + \frac{3}{n_1 n_3}\right)(n_3 - n_1) - \frac{8}{3}\, m\, l.\, \frac{3n_3-1}{3n_1-1}$$

Faisons successivement $n=n_1$ et $n=n_3$ dans l'équation (15) ci-dessus ; on aura

$$(17)\qquad \left(\varepsilon + \frac{3}{n_1^2}\right)(3n_1 - 1) = 8\, m$$

$$(18)\qquad \left(\varepsilon + \frac{3}{n_3^2}\right)(3n_3 - 1) - 8\, m$$

Nous voilà donc en présence d'un système de trois équations, (16), (17) et 18), entre les quantités n_1, n_3, m et ε.

Nous pourrons éliminer à volonté deux de ces quantités et obtenir ainsi une relation entre les deux autres. Pour des raisons qu'il serait trop long d'exposer ici, M. van der Waals n'a pas jugé à propos d'effectuer les calculs algébriques de ces éliminations. Il s'est borné à formuler les lois générales qui en résultent. Ces lois tout à fait nouvelles méritent d'être étudiées avec quelques développements.

8. *Lois des états correspondants.* Reprenons donc les équations (16), (17) et (18). Par élimination de n_1 et n_3, nous obtiendrons une relation entre ε et m, soit

$$\varepsilon = \chi(m)$$

dans laquelle la forme de la fonction est indépendante de la nature du corps, en raison même de la forme des équations dont elle est tirée.

Si nous nous reportons à la signification donnée aux lettres ε et m, nous pouvons en conclure que :

1re loi : Si plusieurs corps se trouvent à des températures CORRESPONDANTES, *leurs tensions de vapeur saturée à ces températures sont aussi des tensions ou pressions* CORRESPONDANTES.

L'éther, $C_4H_{10}O$, et l'acide sulfureux, SO_2, — deux corps d'une nature chimique absolument différente, — nous fourniront une vérification de cette loi.

M. Sajotschewsky a, en effet, trouvé expérimentalement

SO_2		$C_4H_{10}O$	
$\pi = \overset{\text{atm.}}{78,91}$	$\Theta = 428,4$ [1]	$\pi = \overset{\text{atm.}}{36,9}$	$\Theta = 463$

M. van der Waals a déduit des tables de tension de vapeur de ces deux corps, telles qu'elles ont été données par le savant russe, une série de pressions correspondantes qui sont réunies dans les deux premières colonnes du tableau ci-dessous. Par exemple : les pressions de $71^{\text{atm.}},45$ pour SO_2 et de $33^{\text{atm.}},45$ pour $C_4H_{10}O$ sont correspondantes parce que $\frac{71,45}{78,91} = \frac{33,45}{36,9}$.

[1] $\Theta = 273 + \theta$.

A chacune de ces pressions correspond pour l'acide sulfureux et pour l'éther une température d'ébullition. Ainsi, sous la pression de 71$^{atm.}$,45, SO_2 bout à 150°, et, sous la pression de 33$^{atm.}$,45, $C_4H_{10}O$ bout à 183°,3.

Les pressions étant *correspondantes*, les températures doivent l'être également, si la loi énoncée plus haut est juste ; en d'autres termes on doit avoir, par exemple,
$$\frac{273+150}{428,4}=\frac{273+183,3}{463}.$$

Tel est bien le cas, dans les limites d'erreur des expériences, car ces deux expressions sont respectivement égales à 0,987 et 0,986. Il en est de même pour toutes les pressions correspondantes réunies dans le tableau suivant

$p.$		$m=\frac{273+t}{273+\vartheta}.$	
SO_2.	$C_4H_{10}O$.	SO_2.	$C_4H_{10}O$.
atm.	atm.		
71,45	33,45	0,987	0,986
60,00	28,4	0,964	0,963
49,97	23,4	0,941	0,940
41,56	19,4	0,918	0,918
33,95	15,9	0,894	0,895
27,82	13,0	0,871	0,872
22,47	10,5	0,848	0,849
18,09	8,46	0,825	0,828
14,31	6,69	0,801	0,807
11,09	5,18	0,777	0,784
8,43	3,94	0,754	0,762

Cette vérification et d'autres pour lesquelles nous renvoyons au mémoire original démontrant le bien fondé de la relation $\varepsilon=\chi(m)$, M. van der Waals a cherché à représenter par une formule empirique la fonction χ. Il s'est arrêté à l'équation

$$-\log \varepsilon = f\,\frac{1-m}{m}$$

ou, ce qui revient au même,

$$\log \pi - \log p = f\,\frac{\vartheta - t}{273 + t}$$

Cette relation est en effet vérifiée pour l'éther et la benzine. Nous reviendrons du reste sur ce sujet.

Reprenons maintenant les équations (16), (17) et (18). Par une élimination analogue à celle qui nous a conduits à l'équation $\varepsilon = \chi(m)$, nous pourrons déduire une relation entre n et m qui soit complètement indépendante de la nature du corps, soit

$$n = \psi\,(m)$$

Cette formule devra donner au moins deux valeurs de n, suivant qu'elle aura été obtenue par élimination de n_1 et ε ou de n_3 et ε. Nous en concluons donc que :

2me *loi. Si plusieurs corps se trouvent à des températures* CORRESPONDANTES, *leurs volumes spécifiques, aussi bien comme liquide que comme vapeur saturée, sont des volumes* CORRESPONDANTS.

Cette loi a été, comme la précédente, l'objet de vérifications numériques pour lesquelles nous renvoyons au mémoire original.

M. van der Waals considère ensuite les dérivées partielles que l'on peut déduire de l'équation (15). Cette dernière peut en effet se mettre sous la forme

$$(a) \qquad n = f\,(\varepsilon, m) \quad \text{ou} \quad \frac{v}{\varphi} = f\left(\frac{T}{\Theta}, \frac{p}{\pi}\right)$$

la fonction f étant la même pour tous les corps.

Différenciant par rapport à T, p restant constant, on a

$$(b) \qquad \frac{1}{\varphi}\frac{dv}{dT} = f'\left(\frac{T}{\Theta}, \frac{p}{\pi}\right)\frac{1}{\Theta}$$

Divisant (b) par (a), il vient

$$\frac{1}{v}\frac{dv}{dT} = \frac{f'\left(\frac{T}{\Theta}, \frac{p}{\pi}\right)}{f\left(\frac{T}{\Theta}, \frac{p}{\pi}\right)}\frac{1}{\Theta}$$

Le premier membre de cette équation n'est autre que le coefficient vrai de dilatation. De là résulte :

3me loi. Les coefficients de dilatation des corps considérés sous des états correspondants sont en raison inverse de leurs températures critiques respectives.

Par un raisonnement absolument semblable, M. van der Waals démontre de même :

4me loi. Les coefficients de compressibilité des corps considérés sous des états correspondants sont en raison inverse de leurs pressions critiques respectives.

La première de ces deux lois a été l'objet de vérifications numériques. M. van der Waals a simplement calculé ce que deviennent les formules de dilatation de quelques liquides lorsque au lieu de compter la température en degrés centigrades on l'estime en fractions de température critique. Dans ce cas, d'après les lois qui viennent d'être établies, les coefficients numériques de ces formules doivent être les mêmes pour tous les liquides. C'est ce qui ressort du tableau suivant, dans lequel les coefficients de t, t^2 et t^3 sont multipliés par 10^7.

Éther	$1+15\,130t+22{,}6t^2+0{,}40t^3$.
Sulfure de carbone....	$1+15\,600t+55\ t^2+0{,}29t^3$.
Chloroforme	$1+15\,360t+25\ t^2+0{,}15t^3$.
Formiate d'éthyle.....	$1+15\,470t+38\ t^2+0{,}08t^3$.
Acétate de méthyle....	$1+15\,140t+17\ t^2+0{,}05t^3$.
Acétate d'éthyle	$1+15\,300t+37\ t^2+0{,}02t^3$.

La concordance entre les coefficients du premier degré, — la plus importante dans la question, — est vraiment remarquable, surtout si l'on réfléchit au peu d'exactitude avec lequel sont souvent évaluées les températures critiques.

Les coefficients de dilatation de tous les corps comparés sous des états correspondants à celui de l'éther à 0° doivent être en raison inverse de leurs températures critiques respectives ou, ce qui revient au même, les produits de chaque coefficient par la température critique du corps considéré doivent être constants. Tel est bien le cas, car ces produits ne sont autres que les coefficients du terme en t dans les formules ci-dessus, soit

1513 1560 1536 1534 1547 1514 1530

De tout ce qui vient d'être établi sur les états correspondants, nous pourrons enfin conclure par la *loi générale* suivante :

Les propriétés des corps deviennent comparables lorsque ces corps sont considérés sous des états correspondants.

M. Wroblewski a démontré en outre que cette loi ne s'applique pas seulement à des températures inférieures à la température critique. Elle est également vraie pour des températures plus élevées, notamment en ce qui concerne les conditions dans lesquelles se produit le minimum

de la quantité *pv* dont nous avons parlé en traitant des écarts des lois de Mariotte et de Gay-Lussac,

9, Il y aurait encore beaucoup à dire sur toute une partie du mémoire de M. van der Waals dans laquelle il rend compte de plusieurs relations empiriques approchées auxquelles on n'avait su donner jusqu'alors aucune interprétation théorique. Il me paraît cependant plus naturel de borner cet exposé à l'ensemble des faits formant en quelque sorte un même corps de doctrines, sauf à revenir prochainement sur les points laissés aujourd'hui à l'écart. Il importe du reste de dire encore quelques mots des rares objections faites aux théories qui viennent d'être développées.

La principale de ces objections repose sur le fait que l'équation de M. van der Waals ne représente pas avec toute l'exactitude voulue les expériences d'Andrews sur la compressibilité de l'acide carbonique. Clausius a donc modifié l'équation fondamentale en faisant de l'attraction moléculaire une fonction de la température, soit

$$\left(p + \frac{a}{T(v+\beta)^2}\right)(v-b) = RT$$

Plus tard il a donné une forme encore plus compliquée à cette dernière équation qu'il a transformée dans la suivante :

$$\frac{p}{RT} = \frac{1}{v-\alpha} - \frac{AT^{-n} - B}{(v+\beta)^2}$$

Cette équation ne contient pas moins de 6 constantes dont Clausius n'a donné les valeurs que pour l'eau et l'éther. Les vérifications numériques sont très satisfaisantes, ce qui était à prévoir.

En effet, toutes ces équations représentent des courbes déterminées par les valeurs de p, t et v. Or les courbes représentées par les équations de Clausius dépendant de 3 ou de 6 constantes sont assujetties à passer par 3 ou 6 points donnés, tandis que celles tirées de l'équation de M. van der Waals, où ne figurent que deux constantes, ne sont astreintes à passer que par deux points donnés. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les équations de Clausius soient plus conformes aux faits. Cela n'est du reste vrai que pour la plus compliquée de ces équations, car la plus simple, ainsi que l'a montré M. Korteweg, est loin de représenter la dilatation de l'acide carbonique avec la même exactitude que l'équation de M. van der Waals.

C'est pourquoi, tant que la dernière équation de Clausius n'aura pas été l'objet de vérifications plus nombreuses, il me paraît plus naturel d'admettre l'équation de M. van der Waals qui, dût-elle être regardée comme une première approximation, représente la réalité avec une exactitude bien suffisante dans la très grande majorité des cas. Elle a de plus l'avantage de réunir dans un même corps de doctrines tout un ensemble de faits qui avaient paru jusqu'alors absolument hétérogènes.

Il nous suffira de rappeler à ce propos que l'équation de M. van der Waals fait prévoir les écarts de la loi de Mariotte dans le sens où ils se produisent et avec une exactitude numérique plus que satisfaisante; on peut en déduire *a priori* les résultats obtenus par la méthode expérimentale dans l'étude des phénomènes d'expansion et de dilatation des gaz. Les propriétés caractéristiques du triple point permettent d'établir une corrélation étroite entre les constantes critiques et tous les phénomènes précé-

dents, et cela avec une exactitude telle, que de la simple connaissance de la température critique et de la pression critique d'un gaz on peut tirer avec une grande approximation les relations numériques qui caractérisent sa compressibilité et sa dilatation. La formule de M. van der Waals donne une raison d'être à l'état intermédiaire entre l'état liquide et gazeux signalé par M. J. Thomson et fait prévoir les phénomènes de retard d'ébullition et de retard de liquéfaction. Introduite dans certaines équations considérées dans la théorie mécanique de la chaleur, elle conduit à des relations plus exactes que celles employées jusqu'à présent. Elle fournit enfin un moyen très simple de démontrer les lois remarquables des états correspondants.

Ce sont là, me semble-t-il, des titres suffisants pour la faire accepter, tout au moins jusqu'au jour où subissant le sort de toutes les spéculations théoriques, elle sera remplacée par une équation encore mieux établie et serrant de plus près la vérité.

Un dernier mot enfin sur les lois des états correspondants, qui constituent sans aucun doute la partie la plus originale et la plus nouvelle des théories de M. van der Waals et dont on pourra certainement tirer encore des conséquences nombreuses. La découverte des conditions dans lesquelles les propriétés des corps deviennent comparables est de la plus haute importance et ne doit pas passer inaperçue. Aussi bien qu'opposé aux formules de Clausius, M. van der Waals, avec une largeur de vues qui lui fait honneur, a démontré que sa théorie des états correspondants peut se déduire des formules de son contradicteur aussi bien que de la sienne propre. Quel que soit le point de vue où l'on se place, on est donc en droit

de considérer cette théorie comme parfaitement établie. Toute tentative ayant pour but de rapporter les phénomènes thermiques à leurs véritables variables indépendantes, les fractions de température et de pression critiques, est dès lors parfaitement justifiée et ne peut que conduire à d'heureux résultats. C'est là un progrès considérable dont on appréciera toute la portée en relisant les réflexions que suggéraient à Regnault les formules empiriques exponentielles qui représentent les tensions de vapeur en fonction de la température :

« Il y aurait peut-être intérêt à chercher si ces formu-
« les ne pourraient pas prendre une forme très simple,
« quand on ne regarderait plus la température *t* comme
« une variable indépendante, mais bien comme une fonc-
« tion d'une autre variable, dont la nature serait telle
« qu'elle apporterait, par elle-même, les corrections qui
« compliquent la formule empirique. Je pense, en effet,
« que l'obstacle principal qui s'oppose à la découverte
« des lois simples de la théorie de la chaleur tient à ce
« que nous n'exprimons pas jusqu'ici les phénomènes
« calorifiques par rapport à leur véritable variable indé-
« pendante. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous
« ne pouvons pas même définir nettement cette variable,
« nous nous contentons de rapporter les phénomènes
« calorifiques à la température que nous regardons ainsi,
« par le fait, comme une variable indépendante. Mais les
« définitions que nous donnons de la température, du
« zéro de l'échelle thermométrique, etc., etc., sont *abso-*
« *lument arbitraires*. On conçoit dès lors que la loi physi-
« que réelle qui, rapportée à la véritable variable indé-
« pendante serait représentée par une formule simple,
« pourrait prendre une forme très compliquée si on

« l'exprimait elle-même en fonction d'une variable qui « serait, elle-même, une fonction complexe de la variable « indépendante[1]. »

C'est à M. van der Waals que revient l'honneur d'avoir le premier défini la nature de ces véritables variables indépendantes des phénomènes thermiques.

Paris, novembre 1889.

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, 2me série, 26 (1862), p. 656. Regnault formulait déjà la même idée en 1847. *Mém. Acad.* sc. 21, p. 582.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

Dr EDUARD FREIHERR VON HÆRDTL. DIE BAHN DES PERIODISCHEN KOMETEN WINNECKE IN DEN JAHREN 1858-1886. II. THEIL. L'ORBITE DE LA COMÈTE PÉRIODIQUE DE WINNECKE DANS LES ANNÉES 1858 à 1886. 2me partie. (Vienne, 1889.

Ce deuxième travail sur l'orbite de la Comète périodique de Winnecke vient compléter les résultats importants obtenus par l'auteur dans son premier mémoire paru en 1888. Dans cette nouvelle étude, M. von Hærdtl a tenu compte de l'action perturbatrice de la planète Mercure qui peut s'approcher de la comète jusqu'à la distance 0.35, la distance de la terre au soleil étant prise comme unité. En introduisant dans son calcul, comme nouvelle inconnue, une correction à la masse de Mercure adoptée, M. von Hærdtl trouve pour cette masse la valeur $\frac{1}{5\,013\,000}$ de la masse du soleil, très voisine de la valeur $\frac{1}{5\,310\,000}$ que Le Verrier avait conclue de ses travaux sur la théorie des planètes inférieures et qui correspond à une densité de la planète de 1. 2, la densité moyenne de la terre étant 1.

Cette valeur de la masse de Mercure diffère sensiblement de celles qui ont été obtenues par les calculateurs de l'orbite de la comète d'Encke, MM. von Asten et Backlund. Von Asten en étudiant les apparitions de cette comète de 1818 à 1868 a trouvé pour cette masse la fraction plus faible $\frac{1}{7\,636\,440}$.

M. Backlund, en revanche, a déduit des apparitions de 1865 à 1885 la valeur beaucoup plus forte $\frac{1}{2\,668\,700}$. A ces deux valeurs de la masse correspondent comme densités de la planète les valeurs 0.8 et 2.0.

Ces divergences s'expliquent par le fait que la théorie du mouvement de la comète d'Encke est peu propice à la détermination des masses des planètes. On sait en effet que la loi de la gravitation universelle ne suffit pas, à elle seule, à rendre compte du mouvement de cette comète. La durée de sa révolution diminue, autrement dit son moyen mouvement s'accélère à chaque retour. Cette accélération, Encke l'avait trouvée presque constante, de 0″.1 environ par révolution, et il en avait conclu à l'existence d'un milieu résistant dont l'influence est insensible sur le mouvement de corps massifs tels que les planètes, mais qui peut faire obstacle à la marche d'un corps aussi ténu qu'une comète et accélérer son mouvement en la forçant à se rapprocher du soleil.

Von Asten a trouvé une valeur analogue à celle d'Encke pour l'augmentation du moyen mouvement de cette comète mais a déjà constaté que, depuis 1868, cette accélération avait beaucoup diminué. M. Backlund, dans son dernier mémoire qui traite des apparitions de 1865 à 1885, obtient pour cette quantité une valeur de moitié moins forte et comprise entre 0″.05 et 0″.06. Or cette accélération du moyen mouvement de la comète entre aussi comme inconnue dans les équations de condition établies pour faire concorder la théorie avec les observations ; et M. Backlund avait déjà remarqué que les valeurs obtenues pour cette accélération et pour la masse de Mercure étaient liées entre elles par une certaine relation et que lorsqu'on obtient pour la masse de Mercure une valeur très forte, on trouve pour l'accélération du moyen mouvement une valeur relativement faible, et inversément.

Se fondant sur cette remarque, M. von Hærdtl s'est demandé si la divergence des résultats obtenus par les deux éminents calculateurs de la comète d'Encke ne provenait pas de la recherche simultanée de ces deux inconnues et si une méthode différente n'amènerait pas à des solutions concordantes. Il a donc adopté pour l'accélération du moyen

mouvement diurne les valeurs trouvées en dernier lieu par von Asten et M. Backlund, il en a tenu compte dans la valeur des éléments de l'orbite, et il n'a laissé comme inconnues dans les équations de condition que les corrections aux éléments et la correction à la masse de Mercure. Il est arrivé ainsi au résultat extraordinairement satisfaisant que, de la résolution des équations de von Asten la masse de Mercure ressort avec une valeur de $\frac{1}{5\,648\,600}$, et de celle des équations de M. Backlund avec une valeur toute semblable de $\frac{1}{5\,669\,700}$.

En introduisant ces valeurs de la masse de Mercure dans les calculs de ces deux astronomes, il en résulte, pour obtenir une concordance aussi parfaite que possible entre l'observation et la théorie, des variations assez sensibles dans les corrections empiriques qu'il faut appliquer au moyen mouvement de la comète, variations qui semblent présenter une période de 10 à 11 années. Si l'on y joint le fait, encore inexpliqué, de la diminution de l'accélération depuis l'année 1865, l'hypothèse de l'existence d'un milieu résistant, qui se basait surtout sur la constance du phénomène, devient bien peu probable, d'autant plus que le mouvement des comètes de Winnecke et de Faye s'explique sans y avoir recours.

Outre le résultat si important de représenter le mouvement de la comète de Winnecke par la seule loi de la gravitation universelle, nous devons, en résumé, aux remarquables travaux de M. von Hærdtl, une détermination nouvelle de la masse de Jupiter pour laquelle il trouve $\frac{1}{1047.1758}$ et une valeur de la masse de Mercure qui, rapprochée de celles qu'il déduit des travaux consacrés à la comète d'Encke, l'amène à conclure que la vraie valeur de cette masse doit être très voisine de $\frac{1}{5\,600\,000}$ de la masse du soleil.

R. G.

PHYSIQUE

G. A. Badertscher. Ueber des einfluss der Temperatur.... sur l'influence de la température sur les phénomènes de phosphorescence. (Thèse, Berne 1889.)

L'auteur a étudié cette influence sur 16 phosphores de teintes diverses, provenant de la fabrique T. Schuchardt, à Goerlitz, consistant en sulfure de calcium et de strontium seuls ou mélangés.

Il s'est posé les quatre questions suivantes :

1° A quelle température ces divers phosphores éteints dans l'obscurité, commencent-ils à luire.

2° Comment varie la réfrangibilité de la lumière émise avec l'accroissement de la température.

3° A quelle température la phosphorescence cesse-t-elle complètement.

4° Comment varie le phénomène quand le phosphore est resté plus ou moins longtemps dans l'obscurité.

Après être restés 24 heures dans l'obscurité, les produits qui émettent les rayons les plus réfrangibles étaient encore lumineux, les autres commençaient à luire entre 73° et 90°, leur phosphorescence prenait une teinte déterminée vers 100°, changeait pour quelques-uns à des températures plus élevées pour s'éteindre définitivement entre 350° et 400°.

Après 33 jours d'obscurité, tous les phosphores étudiés étaient éteints; à égalité de température leur phosphorescence était moins vive, ne prenait une couleur définie que vers 150°, se modifiait moins et s'éteignait vers 313° et 400°.

Conservés dans l'ombre pendant deux mois et demi, ils ne commençaient à luire que vers 80—109°; à émettre une couleur définie vers 198°, et s'éteignaient vers 198° en moyenne.

La durée de la phosphorescence a été étudiée à diverses températures; très variable d'un échantillon à l'autre, elle ne change pas beaucoup entre 57° et 150°, mais diminue rapidement vers 245°. Nous devons renvoyer au mémoire original pour les autres particularités de ces recherches. C. S.

Hans Behn-Eschenburg. Untersuchungen..... Études sur l'électrodynamomètre de Giltay[1]. (Thèse, Zurich, 1889.)

Dans cet appareil la bobine mobile de l'électrodynamomètre de Weber est remplacée par un barreau de fer doux qui s'aimante sous l'influence du courant qui traverse la bobine fixe, et se comporte dès lors vis-à-vis de ce courant comme une aiguille aimantée. L'auteur développe la théorie de cet instrument et donne les résultats d'une comparaison expérimentale avec un galvanomètre ordinaire et avec un électrodynamomètre de Siemens, pour des courants continus, pour le courant de décharge d'un condensateur et pour des courants alternatifs. Sa conclusion est que l'électrodynamomètre de Giltay présente des irrégularités dans son fonctionnement, qu'il n'y a pas de relation simple à établir entre les déviations et les courants à mesurer, sauf, jusqu'à un certain point, pour les courants de très courte durée, ou pour des courants alternatifs très faibles et ne dépassant pas 30 oscillations par seconde. L'instrument n'est donc pas propre à des mesures absolues mais garde les avantages d'une extrême sensibilité. C. S.

CHIMIE

M. Jeanrenaud. Action de l'hydroxylamine sur les éthers des acides. (*Berichte*, XXII, p. 1270. Zurich.)

L'auteur a étudié l'action de l'hydroxylamine surtout sur les éthers d'acides oxycarboniques et a trouvé qu'en présence d'un alcali, il se forme facilement des acides hydroxamiques; il se produit probablement d'abord une combinaison sodée qui réagit ensuite

$$C_6H_5C\begin{cases} OC_2H_5 \\ OC_2H_5 \\ ONa \end{cases} + \begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\Big\rangle NOH \quad 2C_2H_5OH + C_6H_5C\begin{cases} {=}NOH \\ ONa \end{cases}$$

[1] *Ann. Wiedemann*, **25,** 1885.

Les éthers de l'acide benzoïque, salicylique, oxynaphtoïque réagissent facilement, par contre la réaction n'a pas lieu avec les acides *m* et *p* oxybenzoïques; l'éther de l'acide dioxytéréphtalique donne en présence d'alcali, l'acide dioxytéréphtaldihydroxamique $C_6H_2(OH)_2(CONOH)_2+2H_2O$ ainsi que l'acide tétrahydrodioxytéréphtalique $C_6H_6(OH)_2(COOH)_2$. L'éther de l'acide succinylosuccinique est transformé par l'hydroxylamine en dioxime.

C. Hoffmann. Acide trichlor-R-pentendioxycarbonique. (*Berichte*, XXII, 1263, Zurich.)

Cet acide est le premier qui se produise dans l'action du chlore sur le phénol en dissolution alcaline, ses éthers se produisent facilement et sont saponifiés à froid par les alcalis, cependant par l'ammoniaque on obtient d'abord l'amide

```
            CONH₂
              |
             COH
           /     \
      CCl₂ |     | CH₂
           |     |
       COH ——————— CCl
```

puis

$$NH_2—CO—CO—CH_2—CCl=COHCHCl_2$$

et

```
              NH
            /    \
     CHCl₂C        CO
           ‖      ‖
       CCl         CO
            \    /
              CH₂
```

combinaison qui peut être réduite et donner la dichlordioxy α picoline, cependant il n'est pas certain que ce soit un dérivé de la pyridine, car par l'action de la poussière de zinc on n'obtient que de l'ammoniaque et par PCl_5 il y a décom-

position et formation d'un chlorure de carbone C_4Cl_6 qui est probablement la perchlorbutine. $CCl_2{=}CCl{-}CCl{=}CCl_2$.

M. Böniger. Éther de l'acide dioxyquinonedicarbonique et dérivés hydratés. (*Berichte*, XXII, p. 1284, Zurich.)

Löwy a obtenu en saponifiant l'éther de l'acide tétraoxytéréphtalique un tétroxybenzol, qui n'est que l'éther de l'acide dioxyquinonedicarbonique, et la *p.* dioxyquinone obtenue par Löwy de cet éther, est identique avec celle obtenue par Nietzki et Schmidt de la diamidorésorcine ; l'auteur montre en outre que la dioxime de Zeckendorf obtenue de l'éther de l'acide dioxyquinonehydrodicarbonique est identique avec le produit de la réaction de l'hydroxylamine sur l'éther de l'acide dioxyquinonedicarbonique; il y a donc d'abord oxydation. L'auteur a essayé l'action de la phénylhydrazine sur ces deux éthers et là aussi l'hydrate est d'abord oxydé, il se forme d'abord un sel de phénylhydrazine avec l'éther de l'acide dioxyquinonedicarbonique, puis un sel de phénylhydrazine avec le dioxybenzodiphényldipyrazolon qui aurait cette formule

```
          CO   COH
         /  \ //  \
   C6H5N     C     C====N          + C6H8N2
     |       |     |    |
     N=====C       C    N.C6H5
            \    /  \  /
             COH   CO
```

c'est une poudre rouge carmin soluble dans l'alcool.

H. Brunner. Le nitroprussiate de soude comme réactif pour les alcalis caustiques et terres alcalines. (*Schweiz. Wochenschrift f. Pharm.* 27, p. 237. Lausanne.)

Le nitroprussiate de soude peut servir de réactif pour les oxydes métalliques et leurs hydrates solubles avec lesquels il

produit une couleur jaune intense, ainsi si l'on ajoute de la soude caustique à une dissolution de nitroprussiate jusqu'à coloration orange et qu'on additionne d'alcool, il se sépare une huile qui bientôt se prend en cristaux, c'est la dissolution de ceux-ci qui en présence de sels métalliques dissous dans l'eau donne des précipités diversement colorés.

E. Schulze. Bétaïne et choline des graines de vicia sativa. (*Berichte*, XXII, 1827. Zurich.)

L'auteur a extrait de ces graines par l'alcool non seulement de la vicine et convicine, mais il a réussi à isoler aussi et identifier du produit de l'extraction, la bétaïne et la choline qui s'y trouvent environ dans la proportion de 0,5 et 0,02 %.

C. Schall et Chr. Dralle. Brasiline. (*Berichte*, XXII, 1547. Zurich.)

Les auteurs ont déterminé par la méthode de Raoult le poids moléculaire de l'éther tétraméthylé de la brasiline et ont trouvé des chiffres concordant avec la formule

$$C_{16}H_{10}O(OCH_3)_4.$$

En traitant la brasiline par le brôme les auteurs ont préparé la mono, di et tribrombrasiline qui ont des propriétés différentes de celles obtenues par Buchka et Erk d'un côté et Liebermann et Burg de l'autre. Ces bromures sont stables vis-à-vis de l'ammoniaque, mais il se forme en même temps des corps perbromés qui au contact de NH_3 perdent du brôme, ainsi qu'en chauffant ou par réduction dans un milieu acide ou alcalin; les auteurs ont pu isoler une hexa et octobrombrasiline, et moins sûrement reconnaître une tétra et monobrombrasiline. Enfin en faisant passer un courant d'air dans une dissolution alcaline de brasiline, ils ont obtenu une substance fusible vers 271°, acide, ayant pour formule $C_{20}H_{14}O_9$ ou $C_{16}H_{10}O_7$ et en outre de l'acide o. p. dioxybenzoïque.

Franz Feist. Acide déhydracétique. (*Berichte*, XXII, 1570. Zurich.)

L'auteur a obtenu en traitant par HJ à des températures élevées l'acide déhydracétique, la diméthylpyrone dont le sel de baryte par HCl donne la diacétylacétone

$$
\begin{array}{ccc}
 & O.Ba.O & \\
 & | \quad\quad | & \\
CH_3C & & CCH_3 \\
\| & & \| \\
CH & & CH \\
 & \searrow \swarrow & \\
 & CO &
\end{array}
+ 2HCl = BaCl_2 +
\begin{array}{ccc}
CH_3COH & & COHCH_3 \\
\| & & \| \\
CH & & CH \\
 & \searrow \swarrow & \\
 & CO &
\end{array}
$$

qui perd de l'eau lorsqu'on la chauffe en régénérant la diméthylpyrone. Il paraît probable que pour l'acide dihydracétique la formule I de Haitinger doit être modifiée suivant II

$$
\begin{array}{ccc}
 & I & \\
 & O & \\
 & \swarrow \searrow & \\
CH_3C & & CCH_3 \\
\| & & \| \\
HC & & CCOOH \\
 & \searrow \swarrow & \\
 & CO &
\end{array}
\qquad\qquad
\begin{array}{ccc}
 & II & \\
 & O & \\
 & \swarrow \searrow & \\
CH_3C & & CO \\
\| & & | \\
CH & & CHCOCH_3 \\
 & \searrow \swarrow & \\
 & CO &
\end{array}
$$

Ernst Lüdy. Produits aldéhydiques de condensation de l'urée et leur recherche. (*Monatshefte f. Chem.*, X, p. 295. Berne.)

Lorsqu'on chauffe ensemble une solution alcoolique d'urée et une dissolution alcoolique d'o-nitrobenzaldéhyde il se forme un produit de condensation $C_9H_{11}N_5O_4$ fusible vers 170°, très peu soluble dans l'alcool et qui chauffé avec de l'acide sulfurique dilué se sépare et met en liberté l'o-nitrobenzaldéhyde facilement reconnaissable par la coloration orange ou rouge qu'elle donne avec la phénylhydrazine. Si donc on extrait par l'alcool un liquide animal quelconque

évaporé à consistance sirupeuse, qu'on y ajoute une dissolution alcoolique d'o-nitrobenzaldéhyde, évapore à siccité puis reprend par l'alcool pour éliminer l'excès de réactif ainsi que la matière colorante, les acides gras, la créatinine, etc., il restera ce composé qui est de la nitrobenzylidénediureide. Cette réaction permet d'identifier même moins de 0,001 d'urée. Il se forme un autre produit de condensation entre l'urée et l'o-nitrobenzaldéhyde si l'on chauffe les deux substances en présence d'acide sulfurique concentré, il a pour formule $C_{19}H_{22}N_4O_7$ et fond vers 170°, il est insoluble dans l'alcool et l'éther, mais il ne se forme qu'en présence d'un excès d'urée et se décompose facilement en présence d'un excès d'acide sulfurique.

GÉOLOGIE

Dr Carl Schmidt. Zur Geologie der Schweizeralpen. Géologie des Alpes suisses. (Bâle, Benno Schwabe, 1889, 8°. 52 p. 1 pl.)

Cet opuscule écrit dans un style très concis, contient sous un petit volume un tableau très complet de divers faits que les études géologiques ont permis de recueillir jusqu'à présent sur l'origine de la structure de la chaîne des Alpes et les relations de celle-ci avec la nature pétrographique des roches qui la composent. Avec cette double série d'observations, il est possible de reconstituer l'histoire des diverses phases de l'évolution de la grande chaîne des Alpes durant la série des périodes géologiques.

Le premier chapitre du travail de M. Schmidt contient une étude sommaire des roches constitutives de la chaîne. Leur distinction en roches sédimentaires et éruptives ou massives; l'auteur y relève surtout la difficulté de classer dans l'un ou l'autre de ces deux groupes, certaines roches connues sous le nom de *schistes cristallins* et qui composent une grande partie de la chaîne alpine; il en résulte la nécessité de considérer celles-ci comme ayant subi l'effet d'un métamorphisme

profond, dû sans doute à la forte compression qui a agi pendant la dislocation de la chaîne. Ce *métamorphisme,* dit *dynamique*, a transformé autant les roches éruptives que les roches sédimentaires, à tel point qu'il est souvent impossible de les distinguer d'après leur composition minéralogique et leur structure ; témoins, les porphyres de la Windgälle, transformés par places en schiste séricitique, texture qu'ont pris aussi certains sédiments également métamorphisés. Le *métamorphisme de contact*, constaté dans les Pyrénées, au contact du granit et des sédiments qu'il a pénétrés, n'a jamais été bien reconnu dans les Alpes suisses; dans tous les cas, on ne saurait le discerner nettement à côté du métamorphisme dynamique qui a agi sur toutes les roches, notamment dans la région centrale où apparaissent les roches massives.

L'architecture géologique des Alpes est traitée dans le second chapitre; l'auteur rappelle la forme semi-circulaire de la chaîne alpine, sa liaison avec le Jura et les Alpes dinariques qui en sont des ramifications; il relève surtout la structure extrêmement compliquée du versant nord, avec ses replis multiples dans la couverture sédimentaire, les massifs cristallins écrasés en éventail et qui contraste avec les formes régulières du versant sud, rappelant les ondulations des chaînes du Jura ; même les massifs cristallins y sont de simples bombements. (Comparaison du massif du Finsteraarhorn avec celui du Simplon.) On est frappé en outre de la discordance des schistes cristallins et des sédiments qui les recouvrent sur le versant nord, tandis que la plus parfaite concordance règne entre ces terrains sur le versant sud ; il en faut conclure que le plissement du versant nord a précédé celui du versant sud; là, les schistes cristallins ont déjà été bouleversés avant le dépôt des terrains mésozoïques. Mais pour les deux régions, le soulèvement définitif n'a commencé qu'à la fin de la période éocène et correspond à une poussée sud-nord.

Un troisième chapitre traite de l'histoire pétrogénique et orogénique des Alpes. Les mêmes influences métamorphiques dynamiques ont agi à la fois sur les sédiments et les roches massives ; mais celles-ci ont de plus exercé un métamorphisme de contact pendant leur intrusion dans les ro-

ches sédimentaires qu'elles traversent. Quoique le plus ancien des terrains fossilifères des Alpes, le carbonifère, repose sur des schistes cristallins, absolument dépourvus de fossiles, il paraît cependant certain que ceux-ci ne sont autre chose que des sédiments métamorphisés carbonifères ou précarbonifères.

L'auteur retrace ensuite les diverses phases du bouleversement des Alpes sur les deux versants, dont nous avons déjà rappelé la différence frappante; il indique la répartition des mers et des terres fermes pendant les ères mésozoïque et tertiaire, d'où ressort le rôle des plissements et des grandes dénivellations dans les changements successifs des allures de la chaîne.

La dislocation de la chaîne des Alpes ayant été interrompue à plusieurs reprises par des périodes de sédimentation, son histoire peut se diviser en autant de périodes dans lesquelles la structure de la chaîne avait un caractère nouveau. M. Schmidt essaie de faire en quelque sorte l'anatomie composée de la chaîne des Alpes, en recherchant parmi les autres régions, celles dont la structure rappelle le plus les phases successives de l'évolution des Alpes. Ainsi la Bretagne actuelle offrirait par ses plis dénudés de terrain paléozoïques avec massifs de granits, une image assez fidèle de l'aspect du versant nord des Alpes, du temps du carbonifère jusqu'au lias. La Forêt Noire et les Vosges représentent les Alpes à l'époque miocène dénudées d'une forte partie des sédiments mésozoïques, c'est-à-dire avant leur dernier plissement. Enfin les Pyrénées, dont les dernières dislocations datent de l'époque éocène (le miocène y est horizontal), ont jusqu'à un certain point les traits des Alpes suisses, avant le bouleversement des dépôts miocènes.

L'auteur a trouvé une excellente démonstration de toutes les actions mécaniques ayant modifié la structure des roches dans les résultats de ses études sur les porphyres de la Windgälle dans le canton d'Uri. Il en conclut qu'il n'est pas toujours aisé de dire si certaines roches cristallines des Alpes sont des granits éruptifs, des gneiss anciens, ou bien des terrains sédimentaires métamorphisés.

Il rappelle en terminant l'existence des roches étrangères

contenues dans les poudingues de la molasse suisse et cite pour la première fois le fait que les roches cristallines alpines qui s'y trouvent, ne sont pas métamorphisées, ce qui paraît indiquer que leur émigration est antérieure à la grande dislocation des Alpes. M. Schmidt voudrait aussi voir dans les blocs exotiques du flysch et dans certaines klippes, les restes de montagnes disparues ayant existé entre la Forêt-Noire et les Alpes. Les agents qui modèlent les montagnes, agissent encore dans les Alpes ; les tremblements de terre sont les échos lointains de la dislocation non interrompue, et à toute heure, l'érosion dégrade les hautes régions pour amasser de nouveaux dépôts détritiques au bas de la chaîne. Ainsi l'histoire du présent se lie à travers toutes les époques à une origine dont les investigations de l'esprit humain réussissent parfois à définir la forme avec plus ou moins de certitude.

Dr H. Schardt.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

Séance du 3 juillet 1889.

F.-A. Forel. Lithosie (*Phalera bucephala*). — Ed. Monod. Couleur des eaux.— Dr Montfort. Agitation sismique. — Guillemin. Des changements de climat. — Dr H. Schardt. Photographies et dessins d'échantillons typiques de la roche salifère de Bex.

M. F.-A. Forel montre une Lithosie (*Phalera bucephala*) qui offre un cas remarquable de mimique. Le papillon avec les ailes enroulées autour du corps simule d'une manière frappante un morceau d'un rameau desséché de tilleul.

Au nom de M. le colonel Ed. Monod, de Morges, M. Forel résume une étude de la couleur des eaux de la mer de Marmara, du Bosphore et de l'Adriatique près de Trieste et Venise.

Exprimée d'après l'échelle de couleurs F.-A. Forel, la couleur de ces mers est du nº 10 de la gamme (la même nuance que les eaux du lac Léman).

Au nom de M. le Dr Montfort de Morges, actuellement à Mendoza, M. Forel donne des détails sur l'état de grande agitation sismique de cette province de la République Argen-

tine. Il décrit aussi l'aspect singulier des glaciers de la Cordillère, glaciers recouverts de colonnes de glace (probablement analogues à celles de certaines parties du glacier de l'Unter-Aar où les tables de glace sont très nombreuses et séparées par les sillons méandriformes dans lesquels les eaux circulent) et qui les font nommer par les indigènes les champs de pèlerins.

M. Guillemin, ingénieur : *Des changements de climat.*

Pendant la *période carbonifère*, l'orbite terrestre était encore plongée au sein des nébulosités cosmiques, dont nous avons parlé à propos de l'*Origine des comètes.* Les poussières intérieures à l'orbite atténuaient sans doute la chaleur et tamisaient la lumière du soleil, tandis que les parties extérieures, plus importantes, entravaient le rayonnement et réfléchissaient la chaleur. On conçoit que la température fut uniforme sur toute la surface du globe.

Dans ces temps reculés, la lumière était diffuse, le climat, d'autant plus chaud et plus humide que la chaleur interne se faisait peut-être sentir encore au travers de l'écorce terrestre et tiédissait l'eau des mers ? (M. de Lapparent n'admet cependant pas cette hypothèse). Quoi qu'il en soit, les végétaux de cette époque correspondent aux espèces qui croissent aujourd'hui à l'humidité et à l'ombre.

Le climat fut ensuite modifié, les nébulosités intérieures à l'orbite s'étant en grande partie condensées, le soleil brilla de tout son éclat ; puis, sous l'influence de la lumière, les plantes vertes apparurent et se développèrent. Les nébulosités extérieures, continuant à protéger la terre contre le rayonnement, le climat resta chaud et uniforme à toutes les latitudes pendant l'*Ère secondaire.*

Peu à peu, l'anneau de poussières cosmiques perdit de son importance et la température s'abaissa successivement ; on reconnaît que le climat commença à être divisé par zones, à la fin du *crétacé* ou au commencement du *tertiaire.* Pendant la période *miocène*, la température moyenne était encore de 18° à 20° sur le plateau suisse et de 9° à 10° vers le 58 ou 59me degré de latitude (Oswald Heer). Les forêts de

conifères prospéraient au Spitzberg, aujourd'hui recouvert de glaces.

Enfin, la nébulosité, que nous supposons de forme elliptique, arriva, en se condensant, à être intérieure à l'orbite terrestre, du moins pendant une partie de l'année. La chaleur solaire étant interceptée, le rayonnement vers les espaces célestes n'étant plus gêné en rien, la température s'abaissa si rapidement que les mammouths qui paissaient dans les plaines de Sibérie, surpris par les neiges, furent ensevelis vivants et conservés jusqu'à nos jours avec leur chair et leurs poils (fait remarquable et unique dans l'histoire des fossiles). Ce fut alors l'*époque glaciaire* dont on a reconnu les traces, non seulement en Europe, mais aussi en Asie, en Amérique et dans la Nouvelle-Zélande.

L'anneau de poussières cosmiques, absorbé peu à peu par l'astre central, finit par se dissiper. La chaleur solaire parvint de nouveau sans entrave jusqu'à notre planète et la température se releva. En conséquence, les glaciers du plateau suisse et du nord de l'Europe se retirèrent; mais le rayonnement calorifique dans l'espace se faisant aussi sans obstacle, le climat, bien différent de celui des temps primitifs, resta naturellement divisé par zones, comme il l'est aujourd'hui.

Les poussières cosmiques dont nous venons de parler n'ont toutefois pas complètement disparu, car le vaste anneau elliptique, désigné sous le nom de *lumière zodiacale*, anneau qui s'étend au delà de l'orbite terrestre, pourrait bien être un dernier débris de ces anciennes poussières et exercer une certaine influence sur le climat.

La lumière zodiacale, qu'on supposait primitivement dans le plan de l'équateur et qu'on a placée ensuite dans le plan de l'écliptique, en diffère peut-être quelque peu, sinon elle donnerait lieu, deux fois par année, à une pluie d'étoiles filantes.

Supposons qu'au printemps la lumière zodiacale soit interposée entre le soleil et la terre, on éprouve alors un abaissement momentané de température, d'où résultent ces gelées d'avril ou de mai, si redoutées de l'agriculteur. Puis, environ six mois après, soit ordinairement en novembre, la lumière

zodiacale, extérieure à l'orbite, nous protège alors du rayonnement, la température s'adoucit et l'on jouit de l'*été de la Saint-Martin.*

Si cette hypothèse est vraie (on pourra d'ailleurs la vérifier par une série d'observations), l'*été de la Saint-Martin* serait en corrélation avec les *saints de glace*, il en serait le complément.

En 1888, le mois de mai a été remarquablement chaud, malgré l'abondance de la neige, qui, au commencement, recouvrait les montagnes et fondit rapidement; ce n'est guère qu'en juin et même en juillet qu'on éprouva un abaissement anormal de température. Six mois après, soit en décembre, la température fut exceptionnellement douce, car il n'a gelé ni neigé une seule fois à Lausanne pendant ce mois. Les premières neiges ont seulement commencé à tomber vers le milieu de janvier, l'hiver n'est décidément devenu rigoureux qu'en février.

Cette distribution de la température paraît d'ailleurs avoir été assez générale et s'être étendue sur une bonne partie de l'Europe.

Comme conséquence de ce qui a été exposé ci-dessus, il est permis de supposer que les débris de comètes qui se résolvent en essaims ou en traînées elliptiques de corpuscules ne sont pas sans influence sur le climat. Suivant les positions relatives de la terre, du soleil et des essaims, ceux-ci peuvent réagir en plus ou en moins sur la température de notre planète.

M. le Dr H. Schardt présente *une série de photographies et de dessins d'échantillons typiques de la roche salifère de Bex* et d'une brèche à fragments de calcaire magnésien, liés par de l'anhydrite cristalline blanche et qui apparaît, comme la roche salifère, dans l'intérieur des grands massifs d'anhydrite compacte qui forment les montagnes des environs de Bex. Il ressort de ces photographies que la roche salifère est une véritable brèche, résultant, selon l'opinion de M. Schardt, de la fragmentation de strates successives et répétées de calcaires dolomitiques, argillite grise et verdâtre, anhydrite et sel

gemme. Les premières roches, réduites en débris pendant la dislocation, se trouvent maintenant liées par de l'anhydrite cristalline et du sel gemme, sous forme d'une brèche remplissant de grands espaces lenticulaires entre les assises presque verticales de l'anhydrite. La grande masse de cette brèche est sans aucune stratification, mais M. Schardt montre des photographies d'échantillons, dans lesquels on voit encore distinctement des vestiges de la stratification primitive. Il fait voir d'autre part des *galets striés,* témoins de l'intensité des mouvements intérieurs qu'a subi cette roche.

La brèche anhydritique à fragments de calcaire magnésien gris et noir est visiblement une brèche de dislocation; les photographies présentées ne laissent pas subsister de doutes. Elle résulte de la fragmentation de lentilles de calcaire dolomitique au milieu de lits d'anhydrite; cette dernière roche a dû se comporter pendant la dislocation du sol comme un terrain plastique. Les lits de calcaire dolomitique sont en effet toujours fragmentés au milieu des strates contournées de l'anhydrite.

Ces recherches, accompagnés d'une description géologique détaillée des mines et de la région salifère de Bex feront partie d'un rapport technique et géologique qu'une commission, nommée par le Conseil d'État, devra bientôt présenter à cette autorité.

Séance du 6 novembre.

Henri Dufour. Éléments météorologiques du mois d'octobre 1889. — A. Delebecque. Carte des eaux françaises du lac Léman. — Paul Jomini. Mirage supérieur. — F.-A. Forel. Mouvement différentiel dans les glaciers. — E. Chuard. Dosage de l'urée par la méthode de l'hypobromite de sodium.

M. Henri Dufour, prof., donne quelques renseignements *sur les éléments météorologiques du mois d'octobre 1889.* La température a été un peu inférieure à la normale, résultat de la faible insolation; il n'y a en effet que 79 $^1/_4$ heures de soleil tandis que la moyenne des trois années précédentes est

de 133 $^1/_2$. Mais c'est surtout l'extrême abondance et fréquence de la pluie qui rendent ce mois exceptionnel. La chute à Lausanne s'élève à 234^{mm} d'eau en 25 jours, la moyenne des 15 dernières années donne 108^{mm},5 et 13 jours de pluie.

C'est surtout le versant sud des Alpes et le S.-O. de la Suisse qui ont été atteints par les pluies exceptionnelles de ce mois; on trouve en effet les résultats suivants :

Lugano 696^{mm}; Locarno 970; Lucerne 144; Bâle 146; Berne 170 (approximativement); Lausanne 234.

La quantité de pluie recueillie en octobre 1889 est la plus forte quantité observée en un mois à Lausanne depuis 15 ans.

M. A. Delebecque, ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement de Thonon (Haute-Savoie), présente la *carte des eaux françaises du lac Léman* qu'il a levée avec la collaboration de MM. Falletti, Garcin et Magnin, commis des ponts et chaussées. Cette carte au $^1/_{25000}$ avec profils espacés de 300 mètres en moyenne, représente 4338 coups de sondage et 130 jours de travail. Les méthodes employées sont analogues à celles du bureau topographique fédéral.

Les points les plus intéressants sont :

1° Le ravin sous-lacustre du Rhône, découvert par M. Hörnlimann en 1885 et que nous avons suivi presque jusque devant Meillerie.

2° Le plafond du lac, grande plaine horizontale à 310 mètres au-dessous du niveau du lac.

3° La barre de Nernier, appelée anciennement barre d'Yvoire, qui sépare le grand lac du petit lac, à la profondeur de 67 mètres environ. La cuvette entre Nyon et Messery est de 10 mètres seulement plus profonde que la barre.

M. Delebecque annonce que la carte générale du lac sera bientôt publiée.

M. Paul Jomini, maître au collège d'Orbe, envoie une *description d'un phénomène rare, mirage supérieur*, vu du sommet du Suchet le 4 août 1889. Sur une nappe horizon-

tale de brume étendue au-dessus de la plaine Suisse, à peu près à la hauteur de sa station, il vit se dessiner l'image du lac Léman d'un bleu d'azur, et celle du lac de Neuchâtel d'un bleu vert glauque. La position de ces images correspondait avec la direction des lacs, et leurs contours reproduisaient fidèlement quelques accidents reconnaissables, en particulier le golfe d'Yvonand, au lac de Neuchâtel.

M. F.-A. Forel après avoir exposé les raisons qui l'engagent à ouvrir de nouveau la question longtemps enterrée du mouvement différentiel dans les glaciers (V. *Arch.*, XXII, 276) raconte une seconde expédition qu'il a faite cet automne au glacier des Bossons, de Chamonix.

Il a reconnu par des mesures sur les lieux, que le relèvement de la grotte artificielle du glacier des Bossons n'est que relatif; qu'en réalité en octobre 1889, la grotte creusée en 1888 était à un niveau de 2,5 mètres plus bas que la grotte de 1889. Toutefois les conditions de pente générale du glacier auraient dû amener un abaissement de 8 à 9 mètres; il est donc probable qu'il y a eu, pour cette grotte un relèvement relatif.

D'une autre part M. Forel a constaté dans la grotte artificielle des plans de glissement des couches superposées, des failles suivant les plans de la structure en bandes bleues; ces chevauchements sont reconnaissables à la rupture des grains du glacier, suivant des plans parfaitement visibles sur les parois de la grotte, et à la trituration des grains en une fine poussière de glace, preuve d'un mouvement de glissement.

M. Forel expose les observations, expériences et mesures qu'il a faites cet été au glacier des Bossons; en les rapprochant d'observations antérieures, il croit devoir reprendre à nouveau l'ancienne notion du mouvement différentiel dans le glacier et le décrire sous le nom de chevauchement des couches.

M. E. Chuard, prof., communique au nom de M. Seiler, pharmacien, *un tableau concernant le dosage de l'urée par la méthode de l'hypobromite de sodium.* Le tableau de M. Seiler

donne, pour les températures et pressions jumelles, le poids d'urée correspondant au nombre de centimètres cubes d'azote mesurés, et cela en tenant compte de la correction pour ramener le volume du gaz à la température et pression normales. (Voir aux mémoires.)

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 3 octobre 1889.

Président. Mort de C. Cellérier. — Eug. Penard. Sur les Héliozoaires. — Ph.-A. Guye. Formules de M. van der Waals. — M. Thury. Aspect nouveau du cirque lunaire de Plinius. — R. Chodat. Le genre Dipterygium. — M. Schiff, H. Iofé. Action polaire des courants électriques. — E. Sarasin. Visite aux champs d'essais de MM. de Grasset et Millardet.

M. le Président annonce à la Société la perte cruelle qu'elle vient de faire en la personne de M. Charles Cellérier, décédé la veille. Il rappelle en quelques mots les services rendus par Cellérier à la Société de physique et aux sciences mathématiques et physiques. Il déclare la séance levée en signe de deuil.

La séance est reprise plus tard.

M. Eug. Penard communique quelques-unes des observations qu'il a faites *sur les Héliozoaires*[1]. Après une courte description générale de ces animaux, il revient sur certains points encore peu élucidés. D'après l'auteur, dans les Acanthocystides la couche périphérique, consistant en un plasma hyalin qui porte les spicules, serait l'homologue de l'ectosarc

[1] Voir le mémoire de M. Penard ci-dessus, p. 523.

vacuolisé des Actinophrydiens. Cette couche joue en effet un rôle actif dans certaines circonstances, par exemple lors de la capture des proies, et on ne peut guère la considérer comme une sécrétion sans importance particulière.

Les spicules des Acanthocystides semblent être revêtus d'un vernis mucilagineux très fin, au sein duquel ils grandissent; leur croissance se ferait en même temps par la base et par le sommet.

M. Penard donne ensuite une courte description de la *Vampyrella Spirogyræ,* qui dans son opinion vide les cellules des Spirogyra non pas en y introduisant un pseudopode, mais en fonctionnant comme une véritable ventouse.

Enfin l'auteur termine par quelques considérations sur une forme nouvelle d'Héliozoaire, qui par ses pseudopodes se rapprocherait de certaines amibes; il ajoute également quelques mots sur une monade pourvue outre deux flagellums, de pseudopodes filiformes rayonnants semblables à ceux des Héliozoaires.

M. Ph.-A. Guye a vérifié pour un certain nombre de corps la formule empirique $\log \pi - \log p = f\frac{\theta - t}{273 + t}$ de M. van der Waals et a trouvé que la constante f est comprise entre 2,5 et 3,5, la valeur moyenne étant sensiblement égale à 3. Les alcools font cependant exception à cette loi, la constante f prenant pour eux une valeur voisine de 4. Il ne serait pas impossible que cette anomalie fût en rapport avec celle qui caractérise les alcools au point de vue cryoscopique.

M. le prof. Thury communique ses observations sur un *aspect nouveau du cirque lunaire Plinius.*

Le 13 septembre à 3 heures du matin, observant la lune avec un réfracteur de J. Merz de 6 pouces, et un grossissement de 265 fois, je fus surpris de l'aspect inaccoutumé que présentait le cirque Plinius.

Les deux éminences qui se montrent habituellement au milieu du cirque avaient fait place à une sorte de disque circulaire, d'un blanc pur, comme de la craie blanche, au cen-

tre duquel on voyait une tache sombre figurant un trou comme l'ouverture d'un volcan de boue. Je fis un dessin du cirque.

Le lendemain, 14 septembre, l'aspect du cirque était le même, à l'exception de l'ombre portée de la circonvallation qui était plus développée, et de celle du disque, plus marquée aussi mais indiquant une épaisseur du disque beaucoup plus petite que la hauteur de la circonvallation. Le ciel était nuageux, et l'on ne put obtenir qu'une mesure approximative du diamètre du disque = 4″; celle de l'ouverture centrale paraissait être inférieure à une seconde. Le diamètre total du cirque mesure environ 24 secondes d'arc.

Le 15, ciel couvert, vers 2 h. on aperçoit la lune seulement dans de rares éclaircies. Tout l'intérieur du cirque est dans l'ombre, et par conséquent le disque central n'est pas visible. Aucune lumière propre ne paraît dans le cirque, où l'ombre est très noire.

Le 16, la région de Plinius n'est plus éclairée.

L'atmosphère ayant été presque toujours défavorable au temps où Plinius pouvait être visible, je n'ai pu faire un dessin à part. Mais le disque et la petite ouverture centrale ont été bien visibles le 3 et le 12 octobre, soit avec mon 6 pouces, soit à l'Observatoire, avec l'équatorial Plantamour.

M. Chodat communique quelques observations sur le genre *Dipterygium* Decsn., que Decaisne [1] avait classé parmi les Crucifères, Boissier [2] d'après Bunge parmi les Capparidées (près des Cleome) et enfin M. Pax [3] chez les Polygalées (sec. Engler). Baillon dans ses monographies (Crucifères) le met parmi les Crucifères sans autre remarque. Van Tieghem fait de même (v. Trait. bot. 1466). C'est surtout au point de vue de ses rapports avec les Polygalacées que l'auteur a étudié ce genre, sur lequel il publiera prochainement un mémoire complet.

[1] Decaisne. *Ann. sc. nat.*, ser. 2, IV, 67, tab. III.

[2] Boiss. *Fl. Or.*, I, p. 417.

[3] D'après une communication de M. le prof. Engler, Berlin.

Une coupe transversale de la tige *Dipterygium glaucum* montre 8 faisceaux primaires à grandes cellules, séparés par 8 faisceaux secondaires formés en majeure partie par des fibres à section très étroite. Au-dessus de chaque faisceau primaire se trouve un îlot de fibres libériennes, qui manquent devant les faisceaux secondaires. La moelle est considérable. Cette structure n'appartient à aucune Polygalacée. Tandis que chez ces dernières les fibres ligneuses (vaisseaux fermés) sont en majeure partie ponctuées, aréolées; ici elles sont lisses ou légèrement striées, caractère qui se retrouve chez les Crucifères, Capparidées et Résédacées. L'image que nous offre la coupe de la tige de *Lepidium ruderale* ou d'une Capparidée est semblable à celle de Dipterygium, chez les Polygalacées sans exception, même dans les tiges herbacées l'anneau ligneux est complet sans discontinuité.

La section transversale d'une feuille de *Dipterygium arabicum* (Pteroloma arabica Hochst, et Steud. Pt. Schimp 851) peut aussi fournir des renseignements précieux. L'épiderme est assez épaissi, les cellules stomatiques très petites 5-6 fois plus étroites que les cellules épidermiques adjacentes. On remarque aussi sur cet épiderme des émergences pluricellulaires à section subpyramidale, et à parois épaisses. Ces formations épidermiques ne se constatent jamais chez les Polygalacées, par contre elles sont plus fréquentes chez les Capparidées. L'étude de la fleur, qui a déjà été faite et très en détail par Decaisne l. c., montre 3 bractées courtes, un calice à 4 sépales soudés à la base, une corolle à 4 pétales, alternés avec les sépales et légèrement zygomorphe, 6 étamines de longueur égale, dorsifixes, un ovaire oblong, un stigmate capité. Le pollen est à 3 plis. Le fruit est une samare, ressemblant beaucoup à celle du genre Monina (Polygalacées), mais l'embryon est courbé et les cotylédons incombants.

Cette description toute incomplète qu'elle est, montre que *Dipterygium* n'a aucune affinité réelle avec les Polygalacées. Toutes les espèces de cette dernière famille ont un pollen caractéristique à bandes longitudinales plus ou moins nombreuses et à une seule bande équatoriale. Les étamines sont basifixes et non point dorsifixes comme chez Dipterygium.

L'embryon est droit. Ce qui aura induit en erreur et fait croire à une Polygalacée, c'est le fruit qui ressemble à s'y méprendre à celui d'un Monina.

La structure florale et anatomique place ce genre sans aucun doute près des Crucifères ou des Capparidées. Il diffère des premières par ses étamines égales, ses bractées bien conformées (3), par son fruit anormal, des secondes principalement par la samare, mais il s'en rapproche par ses étamines régulières, son plan floral identique, son pollen. On trouve cependant des fruits bien variés chez les Capparidées, l'ovaire est quelquefois sessile et les cotylédons sont toujours incombants, les sépales souvent soudés à la base, ce qui cadrerait bien avec *Dipterygium*. En outre l'indument est celui de plusieurs Cleome ainsi que l'a déjà dit Boissier (l. c.).

Le genre Dipterygium me paraît à cause de ces caractères, plus voisin des Capparidées que des Crucifères. Si on ne veut pas le réunir à la première famille il faut établir une petite famille intermédiaire, celle des Diptérygiées, avec un seul genre : *Dipterygium*.

M. Schiff revient sur le travail de M. Hillel Iofé relatif à l'*action polaire des courants électriques* qu'il avait déjà annoncé dans une séance précédente[1].

M. Ed. Sarasin rend compte d'une visite qu'il a faite dernièrement aux champs d'essais que M. Charles de Grasset a créés dans ses domaines de St-Pierre et de Laval (Hérault), en vue de l'amélioration des plants servant de porte-greffes pour la reconstitution des vignes phylloxérées. M. de Grasset, assisté de M. Millardet le savant professeur de botanique à l'Université de Bordeaux, a obtenu des résultats très remarquables pour la création de races de vigne nouvelles par hybridation de vignes américaines entre elles ou avec des vignes européennes, donnant des variétés indemnes de phylloxera et pouvant faire espérer des producteurs directs également indemnes.

[1] Pour le compte rendu de ce travail voyez ci-dessus, p. 486.

Séance du 7 novembre.

Président. Concours pour le prix de Candolle. — Phil. Plantamour. Mouvements périodiques du sol. — P. Plantamour. Sur les calorifères. — L. Duparc. Zéolithes de Montecchio-Majore. — De Candolle, Prevost, Micheli. Analyse de divers travaux.

M. le Président informe la Société que le prix de Candolle pour la meilleure monographie d'un genre ou d'une famille de plantes a été attribué à la monographie des *Joncacées* de M. le prof. Buchenau de Brême. Trois autres mémoires importants avaient également été envoyés pour ce concours.

M. Phil. Plantamour lit une notice sur les mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air (11me année d'observation)[1].

A l'occasion du commencement d'asphyxie qui s'est produit dans le temple de Genthod, au mois d'octobre, lors du premier feu de la saison dans le calorifère, M. Ph. Plantamour attire l'attention de la Société sur l'imperfection des joints des plaques de fonte qui constituent cet appareil de chauffage et qu'il avait déjà constatée chez lui et chez d'autres particuliers.

Quand le tirage par le canal de fumée s'opère mal ou pas du tout par suite de ce qu'on est convenu d'appeler un temps bas, le tirage s'effectue dans ce cas par les bouches de chaleur dans les appartements et ces dernières vomissent de la fumée d'abord et ensuite les produits irrespirables de la combustion : l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'acide sulfureux. Dans ces conditions, avant de mettre le feu, il est nécessaire de fermer toutes les bouches de chaleur jusqu'à ce que le tirage par le canal de fumée soit bien établi et de n'ouvrir les bouches que lorsque le calorifère est déjà chaud.

[1] Pour cette notice voir ci-dessus, p. 431.

Cette précaution sera toujours bonne à prendre pour éviter les accidents.

On pourrait peut-être remédier au fait que, dans l'état actuel de construction, les joints ne sont pas hermétiques en remplaçant dans la rainure du chapeau le sable et dans les joints des plaques latérales le lut, par des coussinets d'amiante inaltérable à la chaleur.

On conçoit que si lorsque le tirage est presque nul les produits de la combustion s'échappent par les bouches de chaleur, en revanche lorsque le tirage est parfait ce dernier doit appeler dans le canal de fumée une bonne partie de l'air chaud destiné à chauffer les appartements.

M. Duparc parle de *quelques zéolithes de Montecchio-Majore*, près Vicenza et présente à la Société plusieurs échantillons qu'il doit à l'obligeance de M. Luidgi Gardinale de Vicenza. Ces zéolithes sont le Mesotype, l'Analcime, la Heulandite et l'Apophyllite qui souvent sont accompagnés de beaux cristaux de calcite sous la forme du rhomboèdre et généralement limpides, quelquefois jaunâtres. Ces zéolithes sont enfermées dans les amygdales d'un basalte fortement décomposé; ces amygdales sont souvent tapissées intérieurement d'un revêtement de matière chloriteuse verte.

La *Natrolithe* s'y présente en cristaux généralement groupés en faisceaux rayonnés. Ces cristaux incolores transparents très allongés ont un éclat vitreux et ils présentent les formes suivantes du prisme rhomboïdal droit. Le prisme $110 = \infty$ P et la Protopyramide $111 =$ P, l'angle $110\ 1\bar{1}0 = 89$, en moyenne. Au chalumeau ils se troublent et fondent facilement en un verre incolore.

Leur composition chimique est la suivante :

Analyse:

		Rapports.
SiO_2	= 47,40	0,790
Al_2O_3	= 27,31	0,267
Na_2O	= 16,14	0.260
H_2O	= 9,75	0,541
Total.......	100,60	

Ce qui correspond bien à la formule

$$3\ SiO_2\ Al_2O_3\ Na_2O_2\ H_2O$$

La densité = 2,2793.

L'*Analcime* est en cristaux présentant la forme du trapézoèdre 211 = 202 ou de la combinaison du cube 100 = ∞ O et du trapézoèdre 211 = 202. Incolores, les uns sont translucides, les autres complètement limpides. En tout point aussi beaux que ceux des îles Cyclopes avec la croûte de limointe en moins. L'éclat en est vitreux; au chalumeau ils se troublent et fondent en un émail limpide. Leur composition est :

Analyse:

			Rapports.
SiO_2	=	53,90	0,897
Al_2O_3	=	23,58	0,231
Na_2O	=	14,50	0,228
CaO		traces	
H_2O	=	8,50	0,472
Total.......		100,13	

Ce qui correspond à la formule

$$4SiO_2\ \ Al_2O_2\ \ Na_2O\ \ 2H_2O$$

Quant à la Heulandite et l'Apophyllite elles seront étudiées dans la suite, le manque de matériel nous ayant arrêté.

M. le prof. DE CANDOLLE montre le vingtième cahier des échantillons d'*Algues d'eau douce* publiés par MM. Wittrock et Nordstedt, de Stockolm, avec le concours de plusieurs botanistes. Il faut remarquer le soin avec lequel ces plantes délicates sont triées, fixées et étiquetées. Le dernier numéro est 1,000, ce qui s'entend de mille espèces ou variétés notables, presque toutes d'Europe.

M. le Dr J.-L. PREVOST rend compte d'un travail de M. Alt élève de Hitzig *sur l'élimination stomacale de la morphine injectée sous la peau.*

M. MICHELI signale les curieuses observations de M. Treub,

directeur du jardin botanique de Buitenzorg, sur la fleur du *Sapthodea campanulata.* Chez cette plante qui appartient à la famille des Bignoniacées, les boutons à fleurs sont très peu protégés grâce à la petitesse et à la chute prématurée des bractées. Pour parer à l'effet nuisible des rayons solaires, le calice offre l'apparence d'une sorte de sac ou d'outre fermée, remplie d'un liquide sécrété par les glandes qui tapissent l'intérieur du calice. Ce liquide baigne les organes floraux proprement dits et ne s'échappe qu'au moment de l'épanouissement par une fente latérale de laquelle sort la corolle encore toute mouillée.

Séance du 21 novembre.

C. Græbe. Le jaune indien. — Lucien de la Rive. Calcul relatif à la réflexion normale d'une ondulation électrique. — Galopin. Chute d'un corps en apparence spontanée. — Chodat. Formation des leucites amylogènes. — E. Gautier. Renseignements sur la carte photographique du ciel. — E. Gautier, R. Gautier. Analyse de divers travaux.

M. le professeur Græbe expose ses recherches *sur le jaune indien* et la synthèse de l'euxanthone [1].

M. L. de la Rive communique une *note mathématique relative à la réflexion des ondes d'oscillation électrique rapide dans un fil à extrémités libres,* note se rattachant au travail expérimental en collaboration avec M. E. Sarasin qui a été l'objet d'une communication dans une précédente séance [2].

On considère un fil de longueur d et une onde s'y propageant à partir de l'origine O. En un point M, à une distance y de l'extrémité D, la vitesse oscillatoire de la force électromotrice développée par l'onde est donnée par la formule ordinaire de la vitesse oscillatoire d'une molécule d'éther sur un rayon lumineux OD, dont λ est la longueur d'onde totale et τ la durée d'oscillation. On admet qu'il y a réflexion

[1] Pour le mémoire de M. Græbe voyez ci-dessus, p. 497.

[2] *Archives*, 1889, t. XXII, p. 283.

en D sans changement de signe de vitesse et on désigne par k le coefficient de réflexion, nombre plus petit que 1, par lequel il faut multiplier la vitesse incidente pour obtenir la vitesse réfléchie. Il faut alors considérer la vitesse en M comme due à la superposition d'une onde simple $1-k$ et d'une onde d'interférence k, due à la composition de la partie k de l'onde incidente et de la totalité de l'onde réfléchie. Celle-ci a pour coefficient $\cos 2\pi y/\lambda$ ce qui donne des nœuds dont le premier est à la distance $\lambda/4$ de l'extrémité D. On admet que le même phénomène de réflexion se produit indéfiniment aux deux extrémités du fil d'où résulte qu'en M il y a lieu de considérer la vitesse totale comme une résultante de toutes les vitesses dues à ce système complexe d'ondes réfléchies.

On suppose en premier lieu que d est un nombre de fois pair $\lambda/4$. La vitesse en M, due à la réflexion en O, a la même phase que l'onde initiale, puisque $2d$ est un nombre de fois entier λ. Il y a donc simple addition de vitesses multipliées successivement par les termes k^2, k^4, etc., d'une progression géométrique dont la somme est $1/1-k^2$. Les conditions sont les mêmes pour l'onde simple et pour l'onde d'interférence qu'il s'agit maintenant de composer ensemble. On trouve pour phase $\text{tg.}2\pi\varphi/\lambda = -\text{tg.}2\pi y/\lambda.\ 1-k/1+k$, et pour amplitude $A = \sqrt{(1-k)^2 + 4k\cos^2 2\pi y/\lambda}$.

On suppose en second lieu que d soit un nombre impair de fois $\lambda/4$, et on trouve que la vitesse en M est la résultante d'ondes superposées dont la phase diffère de $\lambda/2$ et dont le coefficient de vitesse est multiplié, comme précédemment, par les termes k^2, k^4, etc. La somme est dans ce cas $1/1+k^2$ et la composition s'effectue de la même manière que dans le cas précédent.

Dans le cas général où d est quelconque par rapport à λ, il est plus simple de composer directement les couples de vitesses directes et réfléchies en D, sans passer par la considération de l'onde d'interférence. En résumé dans tous les cas : 1° les minima relatifs d'intensité sont disposés à partir de D avec une distance initiale $\lambda/4$; 2° les maxima et minima sont entre eux dans le rapport de $1+k$ à $1-k$.

M. Galopin mentionne la *chute en apparence spontanée* d'un objet lourd placé sur le haut d'une bibliothèque, fait arrivé chez lui pendant la nuit et qui aurait pu faire croire à un léger tremblement de terre. Il s'agissait d'un globe céleste placé dans un cercle que reliait à un piédestal de bois une branche métallique semi-circulaire. Cette branche assez malléable avait subi une lente déformation qui se prolongea pendant des années, de sorte qu'à un moment donné le centre de gravité du globe arriva à ne plus être soutenu par le piédestal. Dès lors le globe devait chuter, entraînant avec lui son support et les accessoires.

M. R. Chodat décrit la formation des leucites amylogènes dans le bulbe de *Calanthe Sieboldi* (hort.) (Orchidée).

On sait que dans les organes de réserve, d'après les travaux de M. Schimper[1], l'amidon se forme aux dépens de leucites ordinairement incolores. La plupart de ces leucites, souvent baccillaires, sont de forme allongée; ils produisent un peu au-dessous de leur périphérie, des grains d'amidon qui, n'étant nourris que d'un seul côté, deviennent nécessairement excentriques.

Calanthe Sieboldi (hort.) présente un intérêt tout spécial en ce sens qu'on peut voir naître ces leucites aux dépens des grains de chlorophylle normaux. Les cellules de la périphérie du bulbe sont riches en grains chlorophyllés, souvent agrégés autour d'un grand noyau. Ces chromatophores sont de forme arrondie et le pigment y est réparti uniformément. Lorsque le grain de chlorophylle se prépare à passer à l'état de leucite amylogène, il sépare son pigment vert en deux portions, sans toutefois changer de forme. La seule altération qu'il subit, c'est qu'il devient granuleux dans les deux parties chlorophyllées, tandis que la portion moyenne reste hyaline, incolore. Peu après, la zone moyenne incolore ayant un peu augmenté, elle se rétrécit en donnant au grain une forme de biscuit. Sous cette forme le chromatophore ressemble absolument à un grain de chlorophylle en voie de

[1] Schimper, Entsteh. d. Stärkk. *Bot. Zeit,* 1880.

bipartition, à cette différence près que ce dernier ne présente pas cette zone médiane incolore. Plus tard, les deux portions arrondies chlorophyllées divergent considérablement et entraînent dans leur mouvement le plasma incolore qui s'est accru durant ce phénomène. Le résultat final de cette extension, est un leucite allongé, plusieurs fois plus long que large et terminé aux deux extrémités par des boules vertes, de grandeur variable.

La partie médiane hyaline peut devenir excessivement mince et présenter des sinuosités irrégulières. Les renflements terminaux sont tantôt de forme sphérique, tantôt de forme elliptique ou aussi, mais plus rarement, fusiformes et amincis à leur extrémité. Loin d'être transparents et absolument hyalins comme le plasma médian incolore, ils présentent des ponctuations ou des stries dont il est difficile d'établir au juste la nature. Dans les renflements sphériques elles sont arrangées en séries concentriques, dans les allongés ces séries sont plus ou moins parallèles, nombreuses. C'est sur ces leucites que se formeront les grains d'amidon, exactement d'après le mode décrit par M. Schimper, pour *Phajus* (l. c.). Ces grains finalement excèdent en largeur le leucite amylogène et leur accroissement terminé, le quittent en devenant libres dans la cellule. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que l'amidon apparaît dans le plasma incolore, et que tout son développement se fait aux dépens de ce dernier. Il semble donc que chez *Calanthe Sieboldi*, la différenciation du grain de chlorophylle soit une nécessité pour la formation normale de l'amidon. Un fait certain cependant ressort de cette étude, c'est que dans un grain moitié chlorophyllé, moitié incolore, l'amidon se forme toujours dans le plasma incolore. D'autre part, on sait que les plus gros et les plus beaux grains d'amidon se forment aux dépens des leucites incolores (v. Schimper, l. c.). En outre M. Böhm[1] et A. Meyer[2] ont démontré que dans l'obscurité c'est-à-dire l'assimilation étant exclue, les grains de chlorophylle des

[1] Böhm, *Sitz. Berichte d. Ak. d. Wiss.* Wien, T. 22, p. 479.

[2] A. Meyer, Chlorophyllkorn, *Bot. Zeit.*, 1883, p. 28.

feuilles, produisent de l'amidon si on leur procure un aliment sucré, en les cultivant sur des solutions de glycose, de saccharose ou de glycérine. Il s'ensuit que la fonction chlorophyllienne n'est pas en relation directe avec la formation de l'amidon. Toutes les fois qu'un amylogine incolore reçoit en quantité suffisante, des matières sucrées, et que ces dernières ne sont pas directement employées soit dans la respiration, soit pour l'élaboration de nouveaux organes, ils formeront de l'amidon. Sous l'influence du pigment chlorophyllien, l'acide carbonique de l'air et l'eau de la cellule, sont probablement décomposés.

$$\left.\begin{array}{l} 6CO_2 = 6CO \\ 6H_2O = 6H_2 \end{array}\right\} \begin{array}{l} + O_6 \\ + O_6 \end{array} \Big\} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Le sucre ainsi formé s'accumulera tout d'abord dans le leucite et s'il n'est pas immédiatement employé ou que sa production excède sa consommation, le leucite intervient et par un procédé de *deshydratation* et de *condensation* qui est sa *propriété caractéristiqne*, il le transforme en amidon.

$$nC_6H_{12}O_6 - (nH_2O) = nC_6H_{10}O_5 + nH_2O$$

Il n'y a donc pas lieu de distinguer l'amidon d'assimilation de l'amidon transitoire et l'amidon de réserve. Tout amidon est substance de réserve, il n'est probablement jamais produit direct d'assimilation.

Il faut donc distinguer nettement dans l'élaboration des substances hydrates de carbone, par le leucite chlorophyllé, ce qui appartient au pigment et ce qui appartient au leucite. La formation de l'amidon par les amylogènes de *Calanthe Sieboldi* est un exemple frappant en faveur de cette théorie.

La dissolution de l'amidon dans les bulles de *Calanthe Sieboldi* se fait d'une manière singulière. Les grains qui sont ovoïdes et ressemblent beaucoup à ceux de *Phajus* ou de *Curcuma* sont dissous progressivement du sommet vers la base. Cependant la partie médiane du grain persiste pendant longtemps encore sous forme d'une pointe acérée, ou d'une lance très aiguë terminant la moitié basilaire qui n'a pas

encore été attaquée. Finalement cette lame mince est corrodée à son tour et devient plus ou moins dentée avant de disparaître définitivement. C'est à ce moment que la moitié basilaire commence à se dissoudre. Comme elle est formée par des zones alternativement denses et molles, ce sont ces dernières qui sont tout d'abord attaquées. On voit alors les couches denses séparées par des vallécules profondes. Quelquefois la dissolution de ces couches étant complète, les zones denses ainsi séparées les unes des autres et ne représentent plus que des fragments isolés. Une étude plus approfondie de ce phénomène pourrait peut-être jeter quelque jour sur la constitution physique de cet amidon.

M. Émile Gautier annonce la répartition des diverses zones du ciel étoilé entre les stations astronomiques inscrites pour exécuter la *carte photographique du ciel*. Ces stations sont au nombre de dix-neuf, peut-être de vingt si le nouvel observatoire projeté au Vatican par le pape Léon XIII peut entrer en ligne à temps. Sur les dix-neuf prêtes à commencer leur œuvre aussitôt que leurs appareils seront terminés, il y en a treize dans l'hémisphère boréal et six dans l'hémisphère austral. Leur champ de travail respectif a été délimité par une séance du Comité international permanent élu en 1887, et qui s'est réuni à Paris en septembre écoulé.

Voici le résultat de cette répartition :

OBSERVATOIRES	ZONES A PHOTOGRAPHIER			
Helsingfors	90°	à	70°	de décl. boréale.
Potsdam	70	»	58	»
Oxford	58	»	48	»
Greenwich	48	»	40	»
Paris	40	»	32	»
Vienne	32	»	24	»
Bordeaux	24	»	18	»
Toulouse	18	»	12	»
Catane	12	»	6	»
Alger	6	»	0	»

S. Fernando	0	»	6	de décl. australe.
Mexico	6	»	12	»
Tacubaya	12	»	18	»
Rio-de-Janeiro	18	»	26	»
Santiago	26	»	34	»
Sydney	34	»	42	»
Cap de Bonne-Espérance	42	»	52	»
La Plata	52	»	70	»
Melbourne	70	»	90	»

M. E. Gautier présente quelques dessins des effets désastreux du tremblement de terre du 23 février 1887 dans diverses régions de l'Italie septentrionale. Ces dessins sont tirés des beaux volumes des *Annali dell' Ufficio Centrale meteorologico e geodinamico Italiano* envoyés récemment à notre Observatoire.

M. Raoul Gautier, reprenant un sujet dont il a entretenu la Société dans la séance du 6 juin, communique les résultats obtenus par M. Edouard von Hærdtl dans un deuxième travail sur *la Comète périodique de Winnecke*[1].

Séance du 5 décembre.

M. Bedot. Observation sur les Nématocystes. — Amé Pictet. Recherches sur les propriétés de quelques anilides.

M. Bedot communique les observations suivantes relatives à l'histologie des animaux inférieurs :

On sait qu'il existe chez presque tous les Cœlentérés une forme particulière de cellules auxquelles on a donné le nom de cellules urticantes ou cnidoblastes, et qui donnent naissance, dans leur protoplasme à un ou plusieurs nématocystes. Leur présence a même permis à Claus de diviser les Cœlentérés en deux sous-embranchements dont l'un (les Spon-

[1] Pour ce travail voir ci-dessus p. 571.

giaires) renferme les éponges, qui sont toujours dépourvues de nématocystes, et l'autre (les Cnidaires) renferme tous les autres Cœlenterés.

Il existe cependant certaines exceptions. Ainsi chez les Cténophores, qui font partie des Cnidaires, on rencontre des espèces qui n'ont pas de nématocystes, tandis que d'autres possèdent des cellules préhensibles qui pourraient bien être une forme modifiée de cnidoblaste.

Les nématocystes se rencontrent aussi dans d'autres embranchements du règne animal. On en a décrit chez les Infusoires, les Échinodermes, les Vers, les Mollusques, les Tuniciers et même chez les Vertébrés.

D'autre part, on a décrit, principalement chez les Infusoires et les Vers, certaines formations cellulaires qui ressemblent beaucoup aux nématocystes et auxquelles on a donné les noms de bâtonnets, rhabdites, pseudo-rhabdites, sagittocystes, etc.

Il m'a paru intéressant de faire une étude complète de toutes ces formations afin de voir si l'on peut les rattacher toutes à un type unique dont elles dériveraient.

Mes recherches sont loin d'être terminées et je me bornerai pour le moment à communiquer quelques résultats obtenus dernièrement.

Les auteurs qui ont décrit les nématocystes des Cœlentérés se sont surtout attachés à leur forme extérieure. Ainsi chez les Anthozoaires on parle généralement de deux espèces de nématocystes. L'une, qui a souvent la forme d'une fève allongée, est ordinairement plus brillante et renferme une hampe et un fil enroulé sans ordre à l'intérieur de la coque. L'autre ne contient pas de hampe et son fil est enroulé très régulièrement en spirale.

Or, en étudiant leur mode d'action, j'ai pu constater qu'il s'agissait de deux formes parfaitement distinctes. La première représente un vrai nématocyste et agit comme tel, c'est-à-dire que le fil sort en se dévaginant.

Quant à la seconde forme je la distinguerai sous le nom de *Spirocyste*, car il me semble évident qu'on ne doit pas la confondre avec le nématocyste typique. En effet, le fil n'est pas intimement relié à la coque. Il est simplement enroulé à

l'intérieur et lorsqu'il sort, ce n'est pas en se dévaginant, mais simplement en se déroulant. Il ne représente pas un tube allongé, comme le fil du nématocyste, mais un cylindre plein. Lorsque le spirocyste agit, sa coque s'entr'ouvre et livre passage au fil qui souvent sort complètement et, dans d'autres cas, se déroule seulement à moitié.

Les spirocystes ont souvent la forme d'un cône dont la base est placée à la surface de l'ectoderme.

J'ai cru intéressant de signaler cette formation cellulaire, car elle semble établir un nouveau lien de parenté entre les sagittocystes des Vers et les véritables nématocystes.

Les spirocystes sont très répandus chez les Anthozoaires où souvent même ils sont en plus grand nombre que les nématocystes. Ils paraissent au contraire manquer complètement chez les Siphonophores, mais je n'ai pas encore pu étudier complètement leur répartition chez les Cœlentérés.

J'ai pu les observer aussi chez un Mollusque, la Pleurophyllidie.

M. Amé Pictet présente un ensemble de recherches *sur les propriétés de quelques anilides* [1].

[1] Pour ce travail voir ci-dessus p. 508.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

NOVEMBRE 1889

Le 1er, forte rosée le soir; hâlo lunaire à 10 h. du soir.
2, arc-en-ciel à 4 h. 30 du soir; forte rosée à 10 h. du soir.
3, très forte rosée le matin.
4, hâlo lunaire à 7 h. du soir.
6, brouillard à 7 h. du matin.
7, forte bise de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
8, rosée à 10 h. du soir.
9, très forte rosée le matin.
10, très forte rosée le matin.
13, brouillard à 7 h. du matin.
14, bruine jusqu'à 10 h. du matin, puis brouillard jusqu'à 7 h. du soir.
15 et 16, brouillard continu.
17, brouillard jusqu'à 4 h. du soir.
19, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
20, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.
21, 22, 23, 24, brouillard continu, fréquemment enveloppant, surtout pendant les 3 derniers jours.
26, neige sur les montagnes environnantes.
27, neige à 7 h. du soir.
28, forte bise à 10 h. du matin; neige l'après-midi.
30, neige dans la nuit et le matin; hauteur de la neige $1^{cm}8$.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à minuit	730,48	Le 1er à 3 h. soir	725,10
7 à 10 h. soir	738,22	5 à 4 h. soir	723,92
16 à 11 h. soir	742,34	10 à 2 h. soir	730,88
20 à 9 h. matin	743,47	18 à 4 h. matin	740,36
22 à 9 h. matin	741,99	21 à 2 h. soir	740,21
29 à 6 h. soir	730,55	27 à 3 h. soir	712,04
		30 à 1 h. soir	724,82

GENÈVE. — NOVEMBRE 1889.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+ °	°	cm
1	726,44	+ 0,28	725,40	727,70	+ 8,01	+ 1,04	+ 4,4	+13,9	851	+ 17	690	970	...	...	variable	0,42	12.0	+0,3	163,1
2	727,96	+ 1,80	726,20	730,42	+ 6,79	0,00	+ 2,3	+12,9	811	— 23	660	1000	0,3	1	S. 1	0,83	12.0	+0,5	161,5
3	729,46	+ 3,01	727,79	730,48	+ 6,51	— 0,10	+ 1,9	+11,0	734	—101	550	970	...	...	SSE. 1	0,43	...	.....	159.0
4	727,54	+ 1,38	726,31	728,69	+ 9,82	+ 3,38	+ 5,9	+16,5	720	—115	530	810	0,7	1	SSO. 1	0,70	11,8	+0,5	160,0
5	724,90	— 1,26	723,92	725,69	+ 6.80	+ 0,54	+ 4,0	+ 9,0	924	+ 88	860	970	7,8	14	SO. 1	1,00	11,8	+0,7	160.0
6	729,19	+ 3'03	725,60	732,53	+ 9,23	+ 3,14	+ 6,6	+12,2	859	+ 23	750	970	4.0	6	NNE. 1	0,70	11,6	+0 6	161,5
7	735,62	+ 9,45	732,68	738,22	+ 9,64	+ 3,72	+ 7,9	+11,6	727	—140	650	800	...	...	NNE. 1	0,87	11,8	+0,9	160,0
8	736,87	+10,69	736,08	737,85	+ 7,91	+ 2,17	+ 3,8	+10,3	759	— 78	670	930	...	...	NNE. 1	0,45	11,5	+0.8	156,8
9	734,27	+ 8,08	732,67	735,90	+ 5,62	+ 0,05	+ 1,4	+ 9,7	871	+ 33	720	1000	...	...	SSO. 1	0.53	11,3	+0,7	156,0
10	731,84	+ 5,64	730,88	732,88	+ 8,69	+ 3,29	+ 3,6	+13,2	839	+ 1	720	1000	...	...	NNE. 1	0,45	...	.....	155.0
11	731,58	+ 5,37	730,91	732,34	+ 9,52	+ 4,28	+ 6,0	+11,9	742	— 97	660	930	...	...	NNE. 1	0,97	11,3	+1,0	153,2
12	733,55	+ 7,33	732,21	735.36	+ 7,73	+ 2,66	+ 5,9	+10,0	755	— 84	610	820	...	...	N. 1	0,90	11,0	+0.8	151,4
13	736,80	+10,56	735,39	738.25	+ 6,35	+ 1,44	+ 5,0	+ 8,2	829	— 11	750	910	...	...	ESE. 1	1,00	11,0	+0,9	150,0
14	738,41	+12,16	737,97	738,88	+ 5,57	+ 0,83	+ 4,3	+ 6,9	875	+ 35	820	960	...	...	variable	1,00	11,1	+1,1	148,0
15	739,56	+13,29	738,82	740,34	+ 4,66	+ 0,08	+ 2,9	+ 6,1	858	+ 17	820	890	...	...	E. 1	1,00	10,9	+1,1	146,2
16	741,60	+15,31	740,50	742,34	+ 4,03	— 0,39	+ 1,9	+ 6,3	851	+ 10	770	890	...	...	variable	1.00	10.8	+1,1	145,6
17	741,37	+15.06	740,44	742.17	+ 3,81	— 0,45	+ 2,0	+ 5,7	830	— 12	750	890	...	...	E. 1	1,00	...	.....	144.5
18	740,91	+14,57	740,36	741,60	+ 3,81	— 0,29	+ 2,3	+ 5,3	761	— 81	650	840	...	...	NE. 1	1,00	10,6	+1,2	144 5
19	742,00	+15,64	741,34	742,96	+ 2,64	— 1,31	— 0,5	+ 5,2	806	— 37	750	910	...	...	E. 1	0,72	10,4	+1,1	144,0
20	742.63	+16,24	741,89	743,47	+ 2,30	— 1,49	+ 0,7	+ 4,3	876	+ 33	790	930	...	...	E. 1	1,00	10,0	+0,8	143,0
21	741,04	+14,63	740,21	742,06	+ 1,10	— 2,54	0,0	+ 2,2	892	+ 48	840	940	...	...	ESE. 1	1,00	9.8	+0,7	142.0
22	741,05	+14,61	740,33	741,99	— 0,13	— 3,62	— 1,2	+ 1,0	918	+ 73	880	940	...	...	E. 1	1.00	9,6	+0,6	141,8
23	738,71	+12,24	737,52	740,23	— 1,41	— 4,45	— 2,4	0,0	942	+ 97	910	960	...	...	S. 1	1,00	9.5	+0,7	141,7
24	734,68	+ 8,18	731,12	737,39	— 1,83	— 5,03	— 3,1	+ 0,2	946	+100	920	960	...	...	S. 1	0,97	...	.....	139,0
25	725.86	— 0,67	723.43	730,57	+ 4,96	+ 1,90	— 3,0	+12,2	816	— 31	570	970	13,5	13	SSO. 1	1.00	9.3	+0,7	140,2
26	722,36	— 4,21	720,06	723,92	+ 6,41	+ 3,49	+ 2,0	+11,0	726	—121	550	870	0,0	...	SSO. 1	0,77	9,5	+1,0	140,0
27	716,50	—10,10	712,04	720,37	+ 4,10	+ 1,32	— 0,5	+ 7,7	761	— 87	720	800	1,9	3	SSO. 1	1.00	9.5	+1,1	136,5
28	722,53	— 4,11	720,10	726,22	— 0,62	— 3,26	— 2,0	+ 1,2	751	— 97	580	870	0,3	4	variable	10,0	9,2	+0.9	135,6
29	729,11	+ 2,44	726,54	730,55	— 0,21	— 2,72	— 2,9	+ 5,1	754	— 95	540	860	0.3	2	variable	0,60	9.0	+0.8	134,7
30	726,55	— 0.16	724,82	729,59	— 0,86	— 3,24	— 3,3	+ 4,7	793	— 57	610	900	1,8	5	SSO. 1	0,72	8.0	—0,1	138,0
Mois	733,02	+ 7,17			+ 4,71	+ 0,16			819	— 14						0,83	10,55	+0,92	148,43

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,32	730,18	730,53	730,84	730,05	729,85	730,39	730,85
2e »	738,44	738,44	738,97	739,32	738,66	738,44	739,05	739,41
3e »	730,89	730,28	730,01	730,03	729,07	728,97	729,61	729,86
Mois	733,22	732,96	733,17	733,40	732,59	732,42	733,02	733,37
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,01	+ 5,83	+ 6,38	+ 8,99	+10,90	+10,26	+ 7,86	+ 6,99
2e »	+ 4,99	+ 4,28	+ 4,07	+ 5,17	+ 6,46	+ 5,92	+ 4,84	+ 4,60
3e »	+ 0,59	+ 0,13	+ 0,37	+ 1,97	+ 3,37	+ 1,91	+ 1,00	+ 0,10
Mois	+ 3,86	+ 3,41	+ 3,61	+ 5,38	+ 6,91	+ 6,03	+ 4,57	+ 3,90
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	862	925	873	789	690	718	811	808
2e »	827	878	851	812	741	776	824	838
3e »	880	884	864	773	739	780	841	879
Mois	856	896	863	791	723	758	825	842

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	+ 4,18	+ 12,03	+ 11,73	0,64	12,8	159,29
2e »	+ 3,05	+ 6,99	+ 10,79	0,96	—	147,04
3e »	— 1,64	+ 4,53	+ 9,27	0,91	17,8	138,95
Mois	+ 1,86	+ 7,85	+ 10,55	0,83	30,6	148,43

Dans ce mois l'air a été calme 2,22 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,00 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 75°,8, E. et son intensité est égale à 26,9 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1889.

Le 4, brouillard depuis 7 h. du soir.
5, brouillard jusqu'à 4 h. du soir, puis neige.
6, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir.
10, brouillard à 4 h. du soir ; forte bise de 4 h. à 7 h. du soir.
12, brouillard de 10 h. du matin à 4 h. du soir ; fort vent à 1 h. du soir.
25, neige depuis 4 h. du soir,
26, brouillard jusqu'à 10 h. du matin ; neige depuis 7 h. du soir.
27, neige de 1 h. à 7 h. du soir ; fort vent depuis 10 h. du soir.
28, très forte bise pendant tout le jour.
29, brouillard de 1 h. à 4 h. du soir ; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir ; neige dans la nuit.
30, neige jusqu'à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir ; brouillard à 7 h. du soir ; forte bise depuis 4 h. du soir.

Remarque. — Le ressort du mouvement d'horlogerie du barographe ayant été brisé, le barographe n'a pas fonctionné entre le 10 et le 21 novembre ; les observations qui manquaient, ont été interpolées suivant la méthode indiquée au mois de septembre 1888.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM

	mm
Le 3 à 10 h. soir	565,18
8 à 11 h. matin	573,80
16 à 10 h. matin	575,42
20 à 1 h. matin	577,68
29 à 10 h. soir	559,70

MINIMUM.

	mm
Le 1er à 4 h. soir	562,95
5 à 5 h. soir	562,65
10 à 4 h. soir	567,51
17 à 7 h. soir	573,72
27 à 4 h. soir	549,76
30 à 2 h. soir	555,00

SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1889.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	563,27	— 0,03	562,95	563,95	— 2,97	+ 0,19	— 5,7	+ 0,9	.....	.....	....	NE. 1	0,00
2	563,62	+ 0,39	563,10	564,05	— 1,95	+ 1,35	— 6,8	+ 3,1	.....	.....	....	NE. 1	0,15
3	564,64	+ 1,48	563,85	565,18	— 4,02	— 0,58	— 7,5	— 0,7	.....	.....	....	SO. 1	0,10
4	564,64	+ 1,54	564,33	565,06	— 2,74	+ 0,84	— 5,0	+ 2,0	.....	.....	....	SO. 1	0,40
5	563,62	+ 0,58	562,65	564,95	— 5,37	— 1,65	— 7,5	— 2,0	100	16,8	....	SO. 1	1,00
6	565,32	+ 2 34	562,92	567,98	— 3,17	+ 0,69	— 6,1	— 0,4	.....	.....	....	NE. 1	0 68
7	571,23	+ 8,31	568,10	573,08	— 0,82	+ 3,17	— 5,8	+ 2,0	.....	.....	....	SO. 1	0,12
8	572 89	+10,03	572,12	573,80	+ 0,65	+ 4,77	— 3,5	+ 6,5	.....	.....	....	SO. 1	0,00
9	569,80	+ 7,00	567,90	572,07	+ 0,25	+ 4,50	— 2,6	+ 2,0	.....	.....	....	NE. 1	0 12
10	567,73	+ 4,98	567,51	567,97	— 0,72	+ 3,66	— 2,5	+ 2,1	.....	.....	....	NE. 1	0,37
11	567 99	+ 5 29	567,76	568,50	+ 1,98	+ 6,49	— 2,0	+ 6,5	.....	.....	....	NE. 1	0,00
12	568,72	+ 6,07	568,25	569,55	— 5,24	— 0,59	— 7,5	+ 0,5	.....	.....	....	SO. 1	0,52
13	571,28	+ 8,68	569,80	572,70	— 3,09	+ 1,69	— 4,5	— 0,4	.....	.....	....	SO. 1	0,00
14	572,65	+10,10	572,29	572,95	— 2,05	+ 2,85	— 3,6	+ 1,2	.....	.....	....	SO. 1	0,00
15	573,68	+11,18	573,01	574,55	— 1,99	+ 3,03	— 3,8	+ 1,6	.....	.....	....	SO. 1	0,00
16	575,02	+12,56	574,73	575,42	— 1,88	+ 3,26	— 3,0	+ 1,3	.....	.....	....	NE. 1	0,02
17	574,14	+11,72	573,72	574,92	— 1,82	+ 3,44	— 3,8	+ 2,2	.....	.....	....	NE. 1	0,02
18	574,31	+11,93	573 80	575,10	— 0,54	+ 4,84	— 2,8	+ 2,4	.....	.....	....	SO. 1	0,00
19	576,27	+13,93	575 30	577,60	+ 1,43	+ 6,92	— 1,2	+ 4,8	.....	.....	....	SO. 1	0,00
20	577,41	+15,11	577,10	577,68	+ 1 56	+ 7,16	— 1,4	+ 6,2	.....	.....	....	variable	0,00
21	576,08	+13,82	575 66	577,05	+ 0,11	+ 5,82	— 1,2	+ 4,2	.....	.....	....	variable	0,00
22	575,77	+13 54	575,20	576,20	+ 0,56	+ 6 38	— 1,4	+ 4,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
23	573,68	+11,49	572,60	575,15	+ 0,06	+ 5,99	— 3,5	+ 3,7	.....	.....	....	NE. 1	0,00
24	570,12	+ 7,97	567,90	572,30	— 2,09	+ 3,94	— 3,8	+ 2,6	.....	.....	....	SO. 1	0,00
25	563,12	+ 1 00	559,22	567,20	— 5,22	+ 0,91	— 6,5	— 2,8	200	9,5	....	variable	0,68
26	557,12	— 4,97	555,50	559 08	— 8,52	— 2 29	— 9,7	— 5,0	190	11,5	....	NE. 1	0,78
27	551,77	—10,29	549 76	555,30	— 9 40	— 3,07	—13,8	— 4,0	130	6,0	....	SO. 1	0,95
28	552 20	— 9,83	549,95	555,75	—16,52	—10,09	—17,1	—13,2	.....	.....	....	NE. 3	0,67
29	558,03	— 3 97	556,00	559,70	—16,25	— 9,72	—17,7	—13,5	100	3,0	....	NE. 1	0,43
30	556,56	— 5,41	555,00	559,30	—15,05	— 8,42	—18,4	— 9,0	150	8,6	....	NE. 2	1,00
Mois.	567,76	+ 5,73			— 3,49	+ 1,81							0,27

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1889.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	566,52	566,31	566,55	566,92	566,77	566,74	566,77	566,84
2e » ...	572,92	572,75	572,84	573,25	573,08	573,21	573,48	573,65
3e » ...	564,61	564,07	563,66	563,62	562,94	562,86	562,90	562,89
Mois	568,02	567,71	567,68	567,93	567,60	567,61	567,72	567,79

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 2,77	— 1,17	+ 0,55	— 0,85	— 2,73	— 3,33
2e » ...	— 1,76	— 0,70	+ 1,33	— 0,73	— 1,45	— 1,45
3e » ...	— 7,66	— 6,19	— 4,70	— 6,50	— 7,89	— 8,23
Mois	— 4,06	— 2,69	— 0,94	— 2,69	— 4,02	— 4,34

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	— 5,30	+ 1,55	0,29	16,8	100
2e » ...	— 3,36	+ 2,63	0,06	—	—
3e » ...	— 9,31	— 3,22	0,45	38,6	770
Mois	— 5,99	+ 0,32	0,27	55,4	870

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,32 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 15,6 sur 100.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME VINGT-DEUXIÈME

(3me PÉRIODE)

1889. — Nos 7 à 12.

	Pages
Sur la transformation des coefficients thermiques, par M. *Ch.-Ed. Guillaume*.	5
Observations tératologiques, par M. *Robert Chodat* (avec planche I).	42
Dosage de la caséine par le sulfate de cuivre, par MM. *Henry Auriol* et *D. Monnier*.	55
Résumé météorologique de l'année 1888 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par M. *A. Kammermann*, astronome-adjoint à l'observatoire de Genève.	89
Sur la polarisation rotatoire du chlorate de soude, par M. *Ch.-Eug. Guye* (avec planche II).	130

Pages

Recherches sur les ferments digestifs, par *Catherine Schipiloff*.......................... 185
Idem (suite et fin)........................ 314
Note sur l'intensité lumineuse des bandes d'absorption des liquides colorés, par MM. *Ch. Fievez* et *Edmond von Aubel*...................... 231
Glaçons de neige tenant sur l'eau du lac Léman, par M. *F.-A. Forel*...................... 235
Sur la résistance des végétaux à des causes qui altèrent l'état normal de la vie, par M. *J.-B. Schnetzler*........................ 240
Sur la transmission de l'énergie dans le champ électro-magnétique, par M. *J.-H. Poynting*.... 214
Sur la transmission des ondes électriques par des fils conducteurs, par M. *H. Hertz,* professeur à l'Université de Bonn.................. 231
Sur la théorie mécanique de la réflexion et de la réfraction de la lumière, avec une figuration géométrique des vibrations incidente, réfléchie et réfractée, par M. *C. Clavenad,* ingénieur des ponts et chaussées, directeur des travaux de la ville de Lyon........................ 249
Contributions à l'étude expérimentale des Diaclases produites par torsion, par MM. *L. Duparc* et *A. Le Royer* (avec planche III)............ 297
Notes physiques et biologiques sur trois petits lacs du bassin tessinois, par M. le prof. *Pietro Pavesi*. 353
Soixante-douzième session de la Société helvétique des sciences naturelles, réunie à Lugano, les 9, 10 et 11 septembre 1889............... 362

Physique et Chimie. — Ed. Sarasin et Luc. de la Rive. Sur les oscillations électriques rapides de M. Hertz.— Giac. Bertoni.

Pages

Constitution de la santonine. — G. Bertoni. Quelques nouveaux fluorhydrates des bases organiques. — D[r] Emden. Sur le grain du glacier. — A. Mousson. Contribution à l'étude des glaciers. — Hagenbach-Bischoff. Même sujet. — F.-A. Forel. Observations sur l'écoulement des glaciers.......................... 363

Botanique. — Fondation d'une Société botanique. — Schröter. Le climat des Alpes et son influence sur la flore alpine. — Lenticchia. Phénomènes d'altération de l'eau du lac de Lugano. — Chodat. Monographie des Polygalacées.— J. Rhiner. Exploration botanique des cantons primitifs depuis 1884. — D[r] Bonardi. Diatomées des lacs Delio et Piano. — Lenticchia. Espèces de Phanérogames nouvelles pour le Tessin. — D[r] Ed. Fischer. Polyporus sacer. — D[r] Ed. Fischer. Aecidium Magellanium. — R. Chodat. Fleur des Sempervivum. — R. Chodat. Puccinia Scirpi. — Prof. Schröter. Notice sur l'anthèse de quelques Ombellifères. — Cavara. Le Brassica robertiana dans l'Apennin. — Cavara. Champignons parasites. — Mari. Catalogue des mousses de Lugano. — Calloni. Cleistogamie du Viola cucullata. — Calloni. Notes morphologiques sur les Berbéridées. — Supplément. Prof. Schröter. Herborisation à la Grigna...................... 369

Idem (suite et fin)...................... 454

Géologie. — V. Gilliéron. Sur un sondage de sel gemme. — Villanova. Tremblements de terre. — C. Schmidt. Géologie des environs de Lugano. — Sayn. Ammonites de la couche à holc. Astieri de Villers-le-Lac. — Sayn. Ammonites de l'urgonien de Menglon. — L. Duparc. Composition de quelques schistes ardoisiers. — H. Pittier. Orographie de l'Amérique centrale et volcans de Costa-Rica. — V.-M. de Fellenberg. Granite et porphyre de Gasteren.................................. 454

Zoologie. — Prof. Pavesi. Notes physiques et biologiques sur trois petits lacs tessinois. — Fischer-Siegwart. Considérations sur des albinos de salamandre. — D[r] Urech. Recherches chimico-analytiques sur les chenilles. — L. Zehnter. Développement du Cypselus melba.— S. Calloni. Fauna nivalis lepontica. — S. Calloni. Insectes fécondateurs du colchicum autumnale. — F.-A. Forel. Sondage des lacs tessinois.............................. 477

Etude sur la répartition horaire diurne-nocturne des séismes et leur prétendue relation avec les culminations de la lune, par M. *F. de Montessus de Ballore*, inspecteur des études à l'École Polytechnique de Paris...................... 409

Pages.

Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air, par M. *Ph. Plantamour* 431

Symboles et abréviations, par M. *Ch.-Ed. Guillaume* 438

Sur le jaune indien, par M. *C. Græbe* 497

Sur les propriétés de quelques anilides, par M. *Amé Pictet* 508

Notes sur quelques héliozoaires, par M. *Eug. Penard* 523

Les théories de M. *van der Waals*, par M. *Philippe-A. Guye* 540

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

Pages
D[r] *von Lepel.* Des tubes humides et des éclairs.... 59
D[r] *Eduard Freiherr von Hœrdtl.* L'orbite de la comète périodique de Winnecke.................... 571

PHYSIQUE.

Ch.-Ed. Guillaume. Traité pratique de la thermométrie de précision 170
Le prof. *O.-J. Lodge* et *J.-L. Howard.* Sur la radiation électrique et sa concentration par des lentilles.................................... 265
D[r] *O. Zacharias.* Tableau et esquisses pris dans la vie de la nature................................ 398
Karl Sulzberger. Méthode de détermination de la conductibilité électrique des électrolytes en solutions étendues au moyen d'un condensateur et recherches sur l'exactitude de la loi d'Ohm pour ces solutions.................... 484
G.-A. Badertscher. Sur l'influence de la température sur les phénomènes de phosphorescence....... 574
Hans Behn-Eschenburg. Études sur l'électrodynamomètre de Giltay................................ 575

CHIMIE.

Pages

A. Hantzsch. Recherches sur les azols. Thiazols alkylés obtenus par les thioamides 61
R. Nietzki et *E. Müller*. Tétramidobenzol symétrique.............................. 62
R. Nietzki et *J. Zübelen*. Acide β naphtol α sulfonique 63
R. Nietzki et *J. Zübelen*. Acides naphtioniques nitrés... 63
Popp. Thiazols obtenus des amidothiazols 64
H. Zürcher. Action des sulfocyanates et de la sulfourée sur les éthers acétiques chlorés........... 171
G. Hofmann. Combinaisons séléniées du cyanogène et de l'azol.............................. 172
G. Lunge. Des réactions qui accompagnent la fabrication de la soude au point de vue thermochimique.............................. 173
G. Lunge et *T. Wiernick*. Poids spécifiques des solutions ammoniacales.............................. 174
V. Merz et *E. Holzmann*. Acides bromhydrique et iodhydrique.............................. 174
E. Müller. Un produit d'oxydation du triamidobenzol.............................. 174
R. Nietzki et *H. Rosemann*. Oximes de l'acide leukonique et produits de réduction 175
Heinrich Goldschmidt et *A. Gessner*. Cumylamine.... 176
H. Goldschmidt et *Victor Badl*. Combinaisons disdiazoamidées 267
L. Rueff. β dinaphtyl-p-phénylènediamine et ses dérivés.............................. 267
H. Bickel. Dérivés de l'acide diphénylacétique et de l'acide benzilique.............................. 399
E. Schulze. Sur la constitution chimique des cellules membraneuses des plantes.................. 400
A. Hantzsch. Action du chlore sur le phénol en dissolution alcaline.............................. 485

Pages

M. Jeanrenaud. Action de l'hydroxylamine sur les éthers des acides........................ 575
C. Hoffmann. Acide trichlor-r-pentendioxycarbonique........................ 576
M. Böniger. Éther de l'acide dioxyquinonedicarbonique et dérivés hydratés........................ 577
H. Brunner. Le nitroprussiate de soude comme réactif pour les alcalis caustiques et terres alcalines.. 577
E. Schulze. Bétaïne et choline des graines de vicia sativa........................ 578
C. Schall et *Chr. Dralle.* Brasiline........................ 578
Franz Feist. Acide déhydracétique........................ 579
Ernst Ludy. Produits aldéhydiques de condensation de l'urée et leur recherche........................ 579

PHYSIOLOGIE.

Iofé. Recherches physiologiques sur l'action polaire des courants électriques........................ 486

GÉOLOGIE

Dr *Carl Schmidt.* Géologie des Alpes suisses......... 580

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Séance du 5 juin 1889. — F.-A. Forel. Echantillons de la Nouvelle-Zélande. — Forel. Moraine sous-lacustre d'Yvoire. — Forel. Brises lacustres. — Jean Dufour. Monstruosité chez un Silene pendula. — L. Favrat. Cephalaria salicifolia. — Renevier. Géologie de l'Algérie. — Henri Dufour. Orage du 2 juin à Lausanne. — E. Chuard. Acide azotique dans l'eau de pluie. — H. Brunner. Synthèse des sulfures doubles des métaux alcalins et des métaux du groupe du fer........................ 65

Pages

Séance du 19 juin. — H. Blanc. Essais de pisciculture. — H. Dufour et de Palézieux. Arc-en-ciel. — Brunner. Nouvelle méthode de synthèse organique. — L. Gauthier. Température moyenne de la vallée de Joux. — L. Favrat. Quelques hybrides nouveaux. — Félix Roux. Moulage. — Golliez. Tortues fossiles. — F.-A. Forel. Eaux troubles sur les bords du lac Léman par la bise... 69

Séance du 3 juillet 1889. — F.-A. Forel. Lithosie (*Phalera bucephala*). — Ed. Monod. Couleur des eaux. — Dr Montfort. Agitation sismique. — Guillemin. Des changements de climat. — Dr H. Schardt. Photographies et dessins d'échantillons typiques de la roche salifère de Bex.............................. 584

Séance du 6 novembre. — Henri Dufour. Éléments météorologiques du mois d'octobre 1889. — A. Delebecque. Carte des eaux françaises du lac Léman. — Paul Jomini. Mirage supérieur. — F.-A. Forel. Mouvement différentiel dans les glaciers. — E. Chuard. Dosage de l'urée par la méthode de l'hypobromite de sodium.. 588

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

Séance du 7 juin 1889. — E. Bucher. Oxydation de la p-tolylbenzylkétone. — A. Pictet et R. Bunzl. Action du chlorure de zinc sur l'éthylacétanilide. — S. Levy, A Curchod et F.-C. Witte. Tétrachloracétone et tétrachlorodiacétyle. — S. Levy et A. Curchod. Action du perchlorure de phosphore sur l'éther succinylsuccinique. — S. Levy et E. Sidler. Action de l'éther acétacétique sur la toluquinone. — C. Græbe. Synthèse de l'euxanthone. Préparation du chloranile.............................. 75

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Séance du 4 juillet 1889. — M. Thury. Étude sur les mœurs de l'hirondelle domestique, 1re partie. — R. Chodat. Observations tératologiques sur Polygala vulgaris et sur Crepis taraxacifolia. — C. Soret et A. Le Royer. Thermomètre à air avec régulateur automatique de la pression. — W. Marcet. Orages récents en Angleterre. — E. Gautier. Citations de lettres de G.-Ant. de Luc relatives à la température de l'année 1785. — R. Chodat. Cas d'irrégularité florale observé chez Pyrola rotundifolia. — E. Gautier. Analyse de divers travaux.......................... 269

Séance du 1er août. — M. Thury. Étude sur les mœurs de l'hirondelle domestique, 2me partie. — F.-A. Forel. Relèvement de la partie terminale des glaciers par glissement des couches supérieures de glace sur les inférieures. — F.-A. Forel. Mirage. — Duparc et Radiano. Étude microscopique et chimique des schistes ardoisiers. — R. Chodat. Monographie des Polygalacées...... 276

Pages

Séance du 5 septembre. — Dr Marcet. Recherches sur les phénomènes chimiques de la respiration chez l'homme. — C. de Candolle. Cas de monstruosité d'une plante de valériane. — Ed. Sarasin et L. de la Rive. Oscillations électriques rapides de M. Hertz. —M. Micheli. Cypéracées du Paraguay.— H. de Saussure. Unification des règles de la classifiation zoologique 282

Séance du 3 octobre 1889, — Président. Mort de C. Cellérier. — Eug. Penard. Sur les Héliozoaires. — Ph.-A. Guye. Formules de M. van der Waals. — M. Thury. Aspect nouveau du cirque lunaire de Plinius. — R. Chodat. Le genre Dipterygium. — M. Schiff, H. Iofé. Action polaire des courants électriques. — E. Sarasin. Visite aux champs d'essais de MM. de Grasset et Millardet 592

Séance du 7 novembre. — Président. Concours pour le prix de Candolle. — Phil. Plantamour. Mouvements périodiques du sol. — P. Plantamour. Sur les calorifères. — L. Duparc. Zéolithes de Montecchio-Majore. — De Candolle. Prevost, Micheli. Analyse de divers travaux.................................... 597

Séance du 21 novembre. — C. Græbe. Le jaune indien. — Lucien de la Rive. Calcul relatif à la réflexion normale d'une ondulation électrique.—Galopin. Chute d'un corps en apparence spontanée. — Chodat. Formation des leucites amylogènes, — E. Gautier, R. Gautier. Analyse de divers travaux.................... 600

Séance du 5 décembre. — M. Bedot. Observation sur les Nématocystes. — Amé Pictet. Recherches sur les propriétés de quelques Anilides.. 606

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

Observations météorologiques pendant le mois de juin.................................... 81

Observations météorologiques pendant le mois de juillet 177

Observations météorologiques pendant le mois d'août. 289

Observations météorologiques pendant le mois de septembre.............................. 401

Observations météorologiques pendant le mois d'octobre.................................. 489

Observations météorologiques pendant le mois de novembre.............................. 609

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1888, Tomes XXI et XXII (Troisième période).

A

Ador, *Emile*. Oxyde de carbone dans l'air d'une chambre, XXI, 75.

Arapides, *L*. Acide sulfocyanacétique, XXI, 162. — Transformation des sulfocyanures kétoniques en oxythiazols et réduction de ces derniers en thiazols, XXI, 545.

Arbenz, *C*. Acide phénylsalicylique, XXI, 374.

Aubel, *Ed. van*. Voyez *Fievez*.

Aubin, *Ch.* Voyez *Græbe*.

Auriol, H. et *D. Monnier*. Dosage de la caséine par le sulfate de cuivre, XXII, 55.

B

Badertscher, *G.-A*. Influence de la température sur la phosphorescence, XXII, 574.

Badl, *V*. Voyez *Goldschmidt*.

Baltzer. Massifs de l'Aar et du Gothard, XXI, 191.

Bedot, *M*. Procédé de conservation des animaux marins inférieurs, XXI, 556. — Observations sur les Nématocystes, XXII, 606.

Behn-Eschenburg, *H*. Etudes sur l'électrodynamomètre de Giltay, XXII, 575.

Bellet, *Jules*. Ossements fossiles de la faune diluvienne, XXI, 167.

Berchem, *Paul van*. Différence de concentration des dissolutions de gaz dont deux parties sont portées à des températures différentes, XXI, 556.

Bertoni, *J*. Ethers nitreux nouveaux, XXI, 309. — Constitution de la santonine, XXII, 364. — Quelques nouveaux fluorhydrates des bases organiques, XXII, 365.

Bertrand. Dislocation des terrains en Provence, XXI, 222, 224.

Bickel, *H*. Dérivés de l'acide diphénylacétique et de l'acide benzilique, XXII, 399.

Billwiller, *R*. Nébulosité moyenne et durée d'insolation, XXI, 404.

Bischler, *Aug*. Produits de con-

densation des bases de la série para avec les essences d'amandes amères nitrées méta et para, XXI, 252.

Blanc, H. Système excréteur des vers nématodes, XXI, 257. — Pétromyzon Planerii et Ammocœtes blanchialis, XXI, 550. — Essais de pisciculture, XXII, 69.

Bœhm, G. Lias du Dinkelberg près Bâle, XXI, 329.

Bœniger, M. Ether de l'acide dioxyquinonedicarbonique et dérivés hydratés, XXII, 577.

Boillot, A. Expériences sur le pendule non oscillant, XXI, 249.

Bonardi, D.-Ed. Diatomées des lacs Delio et Piano, XXII, 381.

Bourcart, E. Dérivés de la dibenzylkétone, XXI, 375.

Brunner, H. Synthèse des sulfures doubles des métaux alcalins et des métaux du groupe du fer, XXII, 68. — Nouvelle méthode de synthèse organique, XXII, 71. — Le nitroprussiate de soude comme réactif pour les alcalis caustiques et terres alcalines, XXII, 577.

Brunner, H. et *Phil. Chuit.* Formation de dichroïnes par l'action de l'eau régale et de l'eau régale bromée sur les phénols, XXI, 69.

Bucher, E. Oxydation de la p-tolylbenzylkétone, XXII, 75.

Bunzl, R. Voyez *Pictet.*

C

Calloni, S. La Fauna nivalis lepontica, XXII, 480. — Insectes fécondateurs du Colchicum autumnale, XXII, 480.

Candolle, A. de. Carrière scientifique de Ch. Martens, XXI, 460. — Analyse de divers travaux, XXII, 599.

Candolle, Casimir de. Cas remarquable de fasciation chez un sapin, XXI, 95. — Fructification abondante des glycines en 1888, XXI, 555. — Cas de monstruosité d'une plante de valériane, XXII, 282.

Carpenter, H. Les Comatulidées recueillies par l'expédition du *Challenger*, XXI, 61.

Cavara. Le Brassica robertiana dans l'Apennin, XXII, 387. — Champignons parasites, XXII, 387.

Chodat, R. Le Pollen des Polygalacées, XXI, 269. — Fleurs des saules, XXI, 457. — Chroolepus observés sur les arbres des bords de l'Arve, XXI, 461. — Polygalacées du Paraguay, XXI, 553. — Observations tératologiques, XXII, 42, 269. — Cas d'irrégularité florale observé chez Pyrola rotundifolia, XXII, 272. — Monographie des Polygalacées, XXII, 280, 376. — Fleur des Sempervivum, XXII, 386. — Puccinia Scirpi, XXII, 387. — Le genre Dipterygium, XXII, 594. — Formation des leucites amylogènes dans Calanthe Sieboldi, XXII, 602.

Chodat, R. et *Ph. Chuit.* Le Lactarius piperatus, XXI, 385. — L'Agaricus piperatus, XXI, 464.

Chuard. Carte géologique des principaux gisements de phosphates minéraux de France, XXI, 164. — Fossiles phosphatés du gault de Sainte-Croix, XXI, 222. — Moyen pour reconnaître des traces d'acide tartrique, XXI, 258. — Décalcification du sol arable, XXI, 369. — Analyse de sève de vigne, XXI, 550. — Acide azotique dans l'eau de pluie, XXII, 68.

Chuit, Phil. Voyez *Brunner, H.* — Voyez *Chodat.*

Clavenad, C. Théorie mécanique

de la réflexion et de la réfraction de la lumière, XXII, 249.
Cobb. Climat des régions australes, XXI, 156.
Compagnie des salines de Bex. Mines de Bex, XXI, 215.
Cruchet, *J*. Gisement de tourbe de Pailly, XXI, 258.
Curchod, A. Voyez *Levy*.

D

De la Harpe, *Ch*. Voy. *Reverdin*.
De la Rive, *L*. Nuages, XXI, 268. — Calcul relatif à la réflexion normale d'une ondulation électrique, XXII, 600. — Analyse de divers travaux, XXI, 80, 249, 363; XXII, 214, 265. — Voyez *Sarasin*.
Delebecque, *A*. Tracés limnographiques, XXI, 459. — Carte des eaux françaises du lac Léman, XXII, 589.
De Luc, G.-A. La température de l'année 1785, XXII, 272.
D'Espine. Traitement de la diphtérie par l'acide salicylique, XXI, 458.
D'Espine et *Urdariano*. Pneumonie rudimentaire chez les enfants, XXI, 457.
Douglas, *Archibald*. Voyez *Russel*.
Dralle, *G*. Voyez *Schall*.
Dufour, *Henri*. Hygromètre à condensation, XXI, 108, 256. — Eléments météorologiques des mois de décembre 1888 et janvier 1889, XXI, 260. — Diathermansie de la glace, XXI, 262. — Glacière naturelle de St-Georges, XXI, 446. — Spectro-photomètre, XXI, 550. — Orage du 2 juin à Lausanne, XXII, 67. — Eléments météorologiques du mois d'octobre 1889, XXII, 588.
Dufour, *Jean*. Parasite des groseillers, XXI, 257. — Fasciation chez des saules et des sapins, XXI, 451. — Monstruosité chez un Silène pendula, XXII, 66.
Duparc, *L*. Etude microscopique et chimique des calcaires portlandiens de St-Imier, XXI, 558. — Zéolithes de Montecchio-Majore, XXII, 598. — Voyez *Soret*, *C*.
Duparc, *L*. et *A*. *Le Royer*. Essais sur les diaclases produites par torsion, XXI, 78, 464; XXII, 297. — Notices cristallographiques, XXI, 318, 454.
Duparc, *L*. et *J*. *Radian*. Constitution de quelques schistes ardoisiers, XXI, 265; XXII, 279, 462.

E

Emden, *R*. Sur le commencement de l'émission de la lumière par des métaux incandescents, XXI, 250. — Grain du glacier, XXII, 365.
Evans. Voyez *Wharton*.

F

Fatio, *V*. Catalogue des oiseaux de la Suisse, XXI, 453. — Question de pisciculture, XXI, 470.
Favrat, *L*. Phénomène de végétation tardive, XXI, 260. — Cephalaria salicifolia, XXII, 67. — Quelques hybrides nouveaux, XXII, 73.
Favre, Ernest et *H. Schardt*. Revue géologique suisse pour l'année 1888, XXI, 177, 327.
Feist, *Franz*. Acide déhydracétique, XXII, 579.
Fellenberg, *E. de*. Massif du Finsteraarhorn, XXI, 189. — Brèche du flysch de Habkern, XXI, 349. — Granite et porphyre de Gasteren, XXII, 472.
Fievez, *Ch*. et *Ed. van Aubel*. Sur l'intensité lumineuse des bandes d'absorption des liquides, XXI, 231.

Finkenstein. Géologie du Laubenstein, XXI, 208. — Trias, XXI, 328. — Rhétien, XXI, 329. — Lias et Dogger, XXI, 330. — Malm, XXI, 334. — Crétacé du Laubenstein, XXI, 345.

Fischer, Dr Ed. Polyporus sacer, XXII, 385. — Æcidium Magellanium, XXII, 386. — Voyez *Schröter.*

Fischer-Siegwart. Considérations sur des albinos de salamandre tachetée, XXII, 478.

Forel, F.-A. Capacité du lac Léman, XXI, 128.— Observations phénologiques sur la floraison des Perce-neige, XXI, 163. — Gamme de couleurs pour l'étude de l'eau des lacs, XXI, 167. — Glaçons de neige tenant sur l'eau du lac Léman, XXI, 235. — Déformation des images réfléchies sur la surface convexe du lac, XXI, 254. — Floraison des Soldanelles, XXI, 255. — Mirages d'hiver sur le lac, XXI, 261. — La couleur des lacs, XXI, 270. — Images réfléchies sur la nappe sphéroïdale du lac, XXI, 272. — Fasciation d'une tige de frêne, XXI, 272, 448. — Classification des lacs d'eau douce au point de vue thermique, XXI, 368. — Règle d'Hondt, XXI, 448. — Reproduction par division, XXI, 449. — Filet pélagique, XXI, 547. — Echantillons de la Nouvelle Zélande, XXII, 65. — Moraine sous-lacustre d'Yvoire, XXII, 65. — Brises lacustres, XXII, 66. — Eaux troubles sur les bords du lac Léman par la bise, XXII, 74. — Relèvement de la partie terminale des glaciers par glissement des couches supérieures de glace sur les inférieures, XXII, 276, 590. — Mirage, XXII, 278. — L'écoulement des glaciers, XXII, 369. — Sondage des lacs tessinois, XXII, 481. — Cas de mimique, XXII, 584. — Analyse de divers travaux, XXI, 66; XXII, 398. — Voyez *Hagenbach.*

Frey. Structure du Hauenstein, XXI, 211.

G

Galopin, C. Chute en apparence spontanée d'un corps, XXII, 602.

Gauthier, L. Coup de foudre, XXI, 262. — Observations météorologiques, XXI, 547. — Température moyenne de la vallée de Joux, XXII, 73.

Gautier, Emile. Analyse de divers travaux, XXI, 76, 269; XXII, 59, 272, 605.

Gautier, Raoul. Analyse de divers travaux, XXI, 559; XXII, 571.

Gelzer, C. Dérivés du p-amidoisobutylbenzol, XXI, 161.

Gessner, A. Voyez *Goldschmidt.*

Gétaz, A. Note aranéologique sur le Pays d'Enhaut, XXI, 445.

Gilliéron, V. Sur un sondage de sel gemme, XXII, 454.

Girard, Henri. Sécrétion du suc gastrique actif, XXI, 73.

Girardot. Environs de Châtelneuf (Jura), XXI, 209.

Goldschmidt, H. et *V. Badl.* Combinaisons disdiazoamidées, XXII, 267.

Goldschmidt, H. et *A. Gessner.* Cumylamine, XXII, 176.

Golliez, H. Magnétite erratique, XXI, 168, 222. — Gault et aptien de la vallée de Joux, XXI, 345. - Tortues fossiles, XXII, 73.

Gosse, Hyp. Hache en silex rubanné trouvée à Pregny, XXI, 559.

Græbe, C. Phtalimidine, XXI, 162. — Constitution de la phtalimide, XXI, 376. — Synthèse de l'euxanthone, XXII,

79. — Préparation du chloranile, XXII, 80. — Sur le jaune indien, XXII, 497.
Græbe, *C.* et *Ch. Aubin.* Anhydride de l'acide diphénique et acide o-diphénylènekétone carbonique, XXI, 161.
Græbe, *C.* et *Amé Pictet.* Homologues de la phtalimidine, XXI, 162.
Grasset, *Ch. de* et *Millardet.* Hybrides de la vigne, XXII, 596.
Gremaud. Vallées primitives du canton de Fribourg, XXI, 227.
Greppin, *Ed.* Grande oolithe du Jura bâlois, XXI, 332.
Grete, *A.* Détermination de l'acide phosphorique par l'acide molybdique en solution titrée, XXI, 70.
Grubenmann. Terrains sédimentaires des environs d'Airolo, XXI, 199.
Guebhard, *Ad.* La photographie instantanée de nuit simplifiée. XXI, 544.
Guillaume, Ch.-Ed. La transformation des coefficients thermiques, XXII, 5. —Traité pratique de la thermométrie de précision, XXII, 170. — Symboles et abréviations, XXII, 438.
Guillemin. Des changements de climat, XXII, 585.
Gümbel. Terrains sédimentaires de l'Engadine, XXI, 202.
Guye, *Ch.-Eug.* Pouvoir rotatoire du chlorate de soude cristallisé. XXI, 266, XXII, 130.
Guye, Phil.-A. Les théories de M. van der Waals, XXII, 540. — Vérification d'une formule de M. van der Waals, XXII, 593.

H

Haerdtl, *Ed. von.* L'orbite de la comète de Winnecke, XXI, 559; XXII, 571.
Hagenbach, *E.* Contribution à l'étude des glaciers, XXII, 368.
Hagenbach, *E.* et *F.-A. Forel.* La température de la glace dans l'intérieur du glacier, XXI, 5, 361.
Hantzsch, *A.* Produits de décomposition des acides chlor et bromaniliques, XXI, 69. —Action du sodium sur l'éther de l'acide isobutyrique, XXI, 251.— Remarques sur les azols, XXI, 545; XXII, 61. — Action du chlore sur le phénol en dissolution alcaline, XXII, 485.
Hantzsch, *A.* et *G. Popp.* Thiazol, XXI, 70.
Heierli. Sépulture préhistorique, XXI, 361.
Heim. Voy. *Margerie.*
Hepperger, *J. von.* Vitesse de propagation de la gravitation, XXI, 363.
Hertz, H. Recherches sur les ondulations électriques, XXI, 281, 464. — Les forces des oscillations électriques déterminées d'après la théorie de Maxwell, XXI, 519. — Transmission des ondes électriques par des fils conducteurs, XXII, 231.
Hoffmann, C. Acide trichlor-r--pentendioxycarbonique, XXII, 576.
Hofmann, G. Combinaisons séléniées du cyanogène et de l'azol, XXII, 172.
Hollande. Massif des Beauges, Savoie, XXI, 184.—Trias, XXI, 328. — Jurassique, XXI, 335. Crétacé, XXI, 343.—Sénonien, XXI, 345. — Tertiaire, XXI, 347. — Purbeckien du Bourget, XXI, 343.
Holzmann, *E.* Voy. *Mertz.*
Howard, J.-L. Voyez *Lodge.*

I

Iofé. Recherches physiologiques sur l'action polaire des courants électriques, XXII, 486.

J

Jeanrenaud, M. Action de l'hydroxylamine sur les éthers des acides, XXII, 575.
Jomini, J. Mirage supérieur, XXII, 589.
Judd, J.-W. Phénomènes volcaniques de l'éruption de Krakatoa, XXI, 67.

K

Kammermann, A. Résumé météorologique de l'année 1888 pour Genève et le Grand St-Bernard XXII, 89.
Kiessling, J. Phénomènes optiques du crépuscule, XXI, 66.
Kilian. Géologie de la montagne de Lure, Basses-Alpes, XXI, 180.
Kundt, A. Sur le changement de la vitesse de la lumière dans les métaux avec la température, XXI, 247, 459.
Kym, Otto. Thio-dérivés de la β-dinaphtylamine, XXI, 160.

L

Lang. Cartes géologiques de la Suisse, XXI, 178.
Lapparent de. Soulèvement de la Forêt-Noire, XXI, 211.
Lehmann, J. Biographie de G. vom Rath, XXI, 177.
Lenticchia, Dr A. Phénomènes d'altération de l'eau du lac de Lugano, XXII, 373. —Espèces phanérogames nouvelles pour le Tessin, XXII, 384.
Lepel, Dr von. Des tubes humides et des éclairs, XXII, 59, 276.
Lerch, Ed. Voyez *Nietzki.*
Le Royer, Alex. Notices cristallographiques, XXI, 33. Voyez *Soret, C.*
Leuze. Magnésite et dolomie dans les phyllades à Dissentis. Cristaux de sidérose à Tschamut, XXI, 221.
Levy S. et *A. Curchod.* Action du perchlorure de phosphore sur l'éther succinyl-succinique, XXII, 78.
Levy, S., A. Curchod et *F.-C. Witte.* Tétrachlorodiacétyle et tétrachloracétone symétriques, XXI, 371 ; XXII, 77.
Levy S. et *E. Sidler.* Action de l'éther acétacétique sur la toluquinone, XXII, 79.
Locher, Ch. Les jeux d'orgue, XXI, 363.
Lodge J. et *J.-L. Howard.* La radiation électrique et sa concentration par les lentilles, XXII, 265.
Lœwenthal, N. Altérations destructives des ovules primordiaux, XXI, 168. — Spermatogénèse chez l'oxyure du lapin, XXI, 449.
Loriol, P. de. Mollusques des couches coralligènes de Valfin, Jura, XXI, 341. —Analyse de divers travaux, XXI, 61.
Lüdy, Ern. Produits aldéhydiques de condensation de l'urée, XXII, 579.
Lugeon, M. Tortue fossile à Lausanne, XXI, 350. —Flore fossile à Lausanne, XXI, 350, — Végétaux glaciaires de la Paudèze, XXI, 360. — Nouveau gisement fossilifère dans la mollasse langhienne, XXI, 257.
Lunge, G. Théorie de la formation de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb, XXI, 365. — Réactions qui accompagnent la fabrication de la soude, XXII, 173.
Lunge G. et *T. Wiernick.* Poids spécifiques des solutions ammoniacales, XXII, 174.
Lunge, G. et *A. Zeckendorff.* Détermination de l'acide carbonique dans l'air, XXI, 160.

M

Maillard, G. Géologie appliquée à la Haute-Savoie, XXI, 178.
Mallet, Charles. Abondance de graines de hêtres en 1888, XXI, 554. — Boule de bois aggloméré trouvé dans un vieil arbre de moulin, XXI, 555. — Caillou roulé trouvé dans une grotte au Fort de l'Ecluse, XXI, 555.
Marcet, W. Orages récents en Angleterre, XXII, 271.— Phénomènes chimiques de la respiration chez l'homme, XXII, 282.
Margerie, E. de. Voir *Noë, G. de la.*
Margerie, E. de et *A. Heim.* Nomenclature des dislocations, XXI, 226.
Mari. Catalogue des mousses de Lugano, XXII, 387.
Martinet. Photographies alpestres, XXI, 451.
Maury, P. Cyperacées du Paraguay, XXI, 552; XXII, 288.
Mayor, Paul. Serpent à sonnettes, XXI, 253.
Mertz, V. et *E. Holzmann.* Acides bromhydrique et iodhydrique, XXII, 174.
Micheli, Marc. Analyse de divers travaux, XXI, 552; XXII, 288, 599.
Millardet. Voyez *de Grasset.*
Monod, Ed. Couleur des eaux, XXII, 584.
Monnier, D. Voyez *Auriol.*
Montessus de Ballore, F. de. Etude sur la répartition horaire diurne-nocturne des séismes et leur prétendue relation avec les culminations de la lune, XXII, 409.
Montfort, J. Couleur de la mer, XXI, 367. — Agitation sismique de la province de Mendoza, XXII, 584.
Mooser, J. Sur le contact des microphones, XXI, 441.
Mousson, A. Contribution à l'étude des glaciers, XXII, 367.
Müller, E. Un produit d'oxydation du triamidobenzol, XXII, 174. — Voyez *Nietzki.*
Müller, Julius. Les vents du nord dans la Suisse occidentale, XXI, 547.

N

Nicati. Empoisonnement par l'essence de vinaigre, XXI, 260.
Nicolis. Alpes de la province de Vérone, XXI, 208.
Nietzki, R. et *Ed. Lerch.* Acide o-nitranilinesulfurique et dérivés, XXI, 365.
Nietzki, R. et *E. Muller.* Tétramidobenzol symétrique, XXII, 62.
Nietzki, R. et *H. Rosemann.* Oximes de l'acide leukonique et produits de réduction, XXII, 175.
Nietzki, R. et *Fréd. Schmidt.* Dioxyquinone et tétroxybenzol, XXI, 68.
Nietzki, R. et *J. Zübelen.* Acide β naphtol α sulfonique, XXII, 63. — Acides naphtioniques nitrés, XXII, 63.
Noë, G. de la et *E. de Margerie.* Les formes du terrain, XXI, 227.
Nordstedt. Voyez *Wittrock.*

O

Observatoire de Genève. Observations météorologiques, XXI, 81, 169, 273, 377, 473, 561; XXII, 81, 177, 289, 401, 489, 509.
Odin, A.-A. Application des principes de la mécanique à l'écoulement des glaciers, XXI, 140.
Onufrowicz, Stanislas. β naphtolmonosulfide, XXI, 366.

P

Palaz. Emploi d'un fil de retour

commun dans les lignes téléphoniques, XXI, 447.
Palézieux, de. Arc-en-ciel, XXII, 70.
Pavesi, Pietro. Notes physiques et biologiques sur trois petits lacs du bassin tessinois, XXII, 353.
Penard, Eugène. Notes sur quelques Héliozoaires, XXII, 523, 592.
Perrot, Franç.-L. Vérification de la méthode de M. Charles Soret pour la mesure des indices de réfraction des cristaux à deux axes, XXI, 113, 266.
Phomina, E. Quelques combinaisons du groupe de l'euxanthone, XXI, 429.
Piccard, J. Formation spontanée d'un peroxyde organique dans l'éther ordinaire, XXI, 154. — Phénomènes de réflexion à la surface des nappes d'eau, XXI, 481.
Piccinelli, P. Schiste micacé de la vallée de Binnen, XXI, 455.
Pictet, Amé. Action des chlorures d'acides sur les anilides, XXI, 373. — Sur les propriétés de quelques anilides, XXII, 508. — Analyse de divers travaux, XXI, 371; XXII, 75. — Voyez *Græbe.*
Pictet, Amé et *R. Bunzl.* Action du chlorure de zinc sur l'éthylacétanilide, XXII, 76.
Pillet. Fossiles néocomiens de la Savoie, XXI, 344.
Pittier, H. Tremblements de terre à Costa-Rica, XXI, 367. — Orographie de l'Amérique centrale et volcans de Costa-Rica, XXII, 466.
Plantamour, Ph. Hauteurs moyennes diurnes du lac Léman en 1888, XXI, 116. — Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air, XXII, 431. — Sur les calorifères, XXII, 597.
Plateau, Félix. La vision chez les Arthropodes, XXI, 442.
Popp. Thiazols obtenus des amido-thiazols, XXII, 64. — Voyez *Hantzsch.*
Poynting, J.-H. Sur la transmission de l'énergie dans le champ électro-magnétique, XXII, 214.
Probst. Gisements miocènes de la Haute-Souabe, XXI, 351. — Cetodontes de Baltringen, XXI, 352. — Fossiles quaternaires de Baltringen, XXI, 360.

R

Rapin. Comète Barnard, XXI, 253.
Renevier. Compte rendu du Congrès géologique international de Londres, XXI, 38. — Bois de cerf, XXI, 166, 360. — Fossiles d'eau douce, XXI, 166. — Lettre de M. J. Cruchet, XXI, 256. — Langage scientifique universel, XXI, 259. — Géologie de l'Algérie, XXII, 67.
Reverdin, Fréd. et *Ch. De la Harpe.* Procédé de dosage de l'aniline et de la monométhylaniline, XXI, 418. — Le dosage de la chaux dans les terres, XXI, 515.
Réville. Géologie du Mont-du-Chat, Savoie, terrain jurassique, XXI, 337.
Rhiner, J. Exploration botanique des cantons primitifs depuis 1884, XXII, 380.
Riggenbach, A. Méthode pour photographier les nuages, XXI, 441.
Rittener. Gisement miocène à Sainte-Croix, XXI, 350.
Ritter. Dépôts lacustres de la vallée de la Reuse, XXI, 354.
Ritz et *Walpen.* Minéraux de la vallée de Goms (Valais), XXI, 220.
Robert, W. Colorimètre portatif, XXI, 165. — Incrustations de chaudières, XXI, 445.

Rollier. Malm du Jura bernois, XXI, 341. — Pliocène d'eau douce, XXI, 256.

Rollo Russel et *Douglas, Archibald*. Phénomènes optiques de l'éruption de Krakatoa, XXI, 67.

Rosemann, H. Voyez *Nietzki*.

Roux, Félix. Moulage, XXII, 73.

Rueff, L. β dinaphtyl-p-phénylènediamine et ses dérivés, XXII, 267.

Rutimeyer. Faune éocène d'Egerkingen, XXI, 350.

S

Sacco. Origine des grands lacs alpins, XXI, 228. — Classification des terrains tertiaires en Italie et en Suisse, XXI, 346, 347. — Empreintes énigmatiques, XXI, 347. — Tertiaire de Biella, XXI, 352. — Cône de déjection de la Stura, XXI, 353. — Lœss du Piémont, XXI, 355.

Sarasin, Edouard. Analyse de divers travaux, XXI, 247, 464; XXII, 170, 596. — Voyez *Soret, J.-L.*

Sarasin, Edouard et *Lucien de la Rive*. Oscillations électriques rapides de M. Hertz, XXII, 283, 363.

Sayn. Ammonites de la couche à holc. Astieri de Villers-le-lac, XXII, 459. — Ammonites de l'urgonien de Menglon, XXII, 461.

Schall, C. Sur la détermination des densités de vapeur sous pression réduite, XXI, 544.

Schall, C. et *G. Dralle*. Brasiline, XXI, 159; XXII, 578.

Schardt, H. Unio batavus, XXI, 168. — Dent du Midi, XXI, 188. — Gisements salifères de Bex, XXI, 215. — Klippes des Préalpes romandes, XXI, 225. — Pycnodus du bathonien du Rubli, XXI, 332. — Gisements quaternaires du canton de Vaud, XXI, 354. — Roche salifère de Bex, XXII, 587. — Analyse de divers travaux, XXII, 580. — Voyez *Favre*.

Schiff, M. Analyse de divers travaux, XXII, 486.

Schipiloff, Catherine. Recherches sur les ferments digestifs, XXII, 185, 314.

Schmidt, A. Porphyre du Münsterthal, Forêt-Noire, XXI, 215.

Schmidt, C. Grès de Taveyannaz, XXI, 217. — Célestine de Merligen, XXI, 220. — Ægirine du Kaisersthul, XXI, 220. — Belemnites du Meienthal, XXI, 332. — Géologie des environs de Lugano, XXII, 459. — Géologie des Alpes suisses, XXII, 580.

Schmidt, Fréd. Voyez *Nietzki*.

Schnetzler, J.-B. Sur un cas de germination de Ranunculus aquatilis I., XXI, 71. — Mouvement de rotation du protoplasme végétal, XXI, 100. — Fruits du Gingko biloba I., XXI, 167. — Sur la résistance des végétaux à des causes qui altèrent l'état normal de la vie, XXI, 240.

Schröter. Le climat des Alpes et son influence sur la flore alpine, XXII, 370. — L'anthèse de quelques Ombellifères, XXII, 387.

Schröter et *Fischer*. Excursion botanique à la Grigna di Mandello, XXII, 389.

Schulze, E. La constitution chimique des cellules membraneuses des plantes, XXII, 400. — Bétaïne et choline des graines de vicia sativa, XXII, 578.

Seiler. Dosage de l'urée, XXII, 590.

Sidler, E. Voyez *Levy*.

Société géologique suisse. Excursion dans le Jura bernois, XXI, 209.

Soret, Charles. Analyse de divers

travaux, XXI, 250, 364, 441, 544; XXII, 484, 574, 575. — Voyez *Soret, J.-L.*

Soret, Charles et *L. Duparc.* Poids spécifique de l'alun de thallium, XXI, 89.

Soret, Ch. et *A. Le Royer.* Thermomètre à air avec régulateur automatique de la pression, XXII, 270.

Soret, J.-L. Lorgnette goniométrique, XXI, 21. — Polarisation atmosphérique, XXI, 456.

Soret, J.-L. et *Ch. Soret.* Observation du point neutre de Brewster, XXI, 28.

Soret, J.-L. et *Edouard Sarasin.* Sur l'indice de réfraction de l'eau de mer, XXI, 509.

Stapff, F.-M. Oscillations des continents à l'époque glaciaire, XXI, 353.

Steinmann, G. Poudingue de Alpersbach dans la Forêt-Noire, XXI, 212.

Strachey, R. Vague atmosphérique de l'éruption de Krakatoa, XXI, 67.

Strüver, J. Minéraux de la vallée d'Ala, Piémont, XXI, 221.

Studer, Th. Faune quaternaire du plateau bernois, XXI, 358. — Arctomys quaternaire de Berne, XXI, 359.

Sulzberger, K. Méthode de détermination de la conductibilité électrique des électrolytes en solutions étendues au moyen d'un condensateur et recherches sur l'exactitude de la loi d'Ohm pour ces solutions, XXII, 484.

T

Tavernier. Roches cristallines de Tanninges, XXI, 187.

Thury, M. Les mœurs de l'hirondelle domestique, XXII, 269, 276. — Aspect nouveau du cirque lunaire Plinius, XXII, 593.

Turrettini, Théodore. Régularisation du lac Léman en 1888, XXI, 119.

U

Urdariano. Voyez *D'Espine.*

Urech. Recherches chimico-analytiques sur le corps des chenilles, des chrysalides et des papillons, XXII, 478.

V

Villanova. Tremblements de terre, XXII, 459.

W

Waals, van der. Sur la continuité de l'état gazeux et de l'état liquide, XXII, 540.

Walpen. Voyez *Ritz.*

Wartmann, Aug. Coup de foudre en boule, XXI, 75. — Analyse de divers travaux, XXI, 469.

Wettstein von. Brèche de Höttingen, XXI, 361.

Wharton et *Evans.* Vague océanique de l'éruption de Krakatoa, XXI, 67.

Whipple. Phénomènes magnétiques et électriques de l'éruption de Krakatoa, XXI, 68.

Wiernick, J. Action du sulfure de carbone sur la diméthylaniline en présence de l'hydrogène naissant, XXI, 251. — Voyez *Lunge.*

Wimhurst. Rapidité de la décharge électrique, XXI, 458.

Witte, F.-C. Voyez *Levy.*

Wittrock et *Nordstedt.* Algues d'eau douce, XXII, 599.

Wyss, G.-H. von. Influence de l'aimantation sur la résistance électrique du fer, XXI, 364.

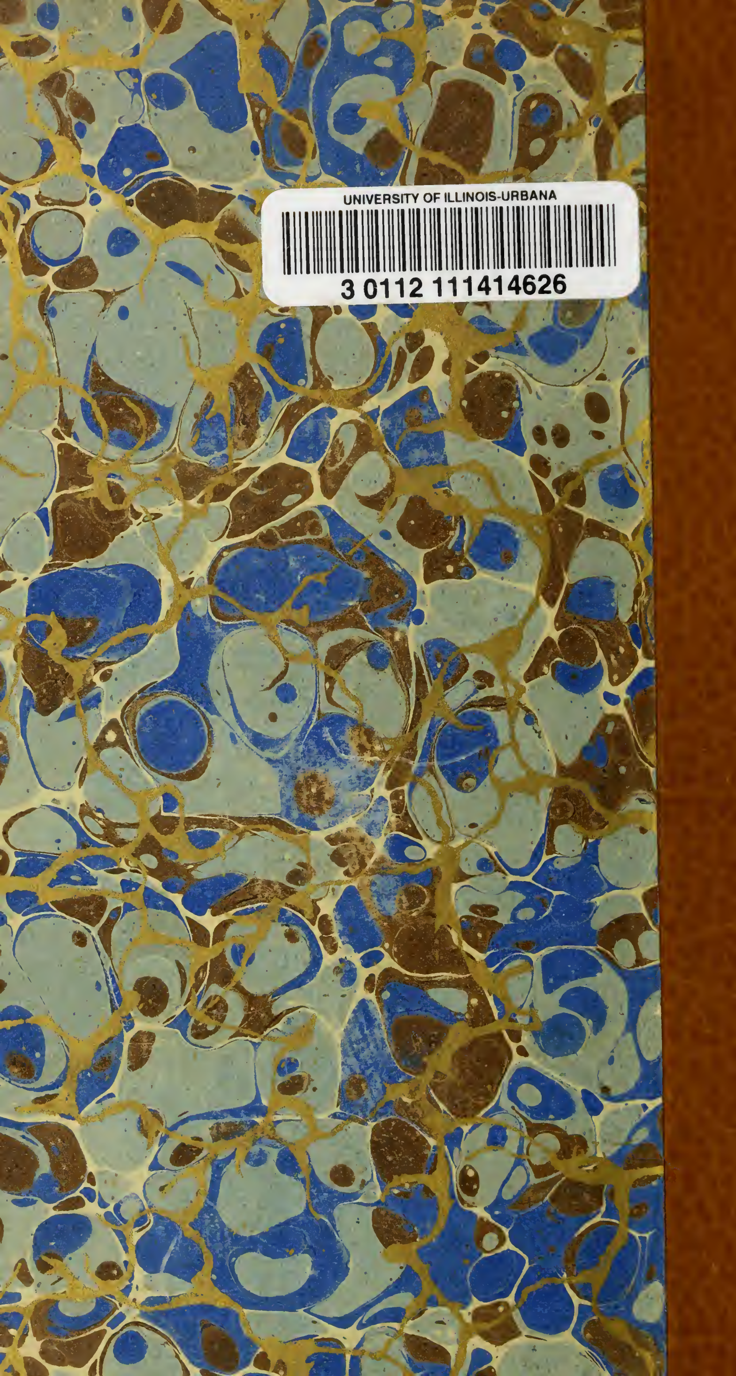
Z

Zaccagna. Alpes italiennes occidentales, XXI, 179.

Zacharias, *Dr O.* Tableaux et esquisses pris dans la vie de la nature, XXII, 398.
Zeckendorff, *A.* Voyez *Lunge.*
Zehnter, *L.* Le développement du Cypselus melba, XXII, 479.
Zittel. Labyrinthodon Rutimeyri, XXI, 327.
Zubelen, *J.* Voyez *Nietzki.*
Zürcher, *H.* Action des sulfocyanates et de la sulfo-urée sur les éthers acétiques chlorés, XXII, 171.






UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 111414626